

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Э. П. Макаров**

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ**

Рекомендовано учебно-методическим советом  
Института фундаментального образования УрФУ  
в качестве **учебного пособия** по дисциплине «Информатика»  
для студентов всех форм обучения, по направлениям подготовки:  
230400 – Информационные системы и технологии,  
140100 – Теплоэнергетика и теплотехника,  
140400 – Электроэнергетика и электротехника,  
141403 – Атомные станции: проектирование, эксплуатация  
и инжиниринг

Екатеринбург  
УрФУ  
2013

УДК 004.67(076.5)  
ББК 32.973-018.2я73-5  
М15

Рецензенты:

кафедра общей физики Российского государственного профессионально-педагогического университета (д-р физ.-мат. наук, проф. В. Л. Гапонцев);  
заведующий лабораторией ФГБУН Института промышленной экологии  
УрО РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. А. Н. Вараксин

**Макаров, Э.П.**

М15 Алгоритмизация решения физических задач в электронных таблицах :  
учебное пособие по дисциплине «Информатика» / Э. П. Макаров. –  
Екатеринбург : УрФУ, 2013. – 168 с.

ISBN 978-5-321-02303-7

Учебное пособие включает дидактический материал по базовой дисциплине «Информатика», раздел «Программирование обработки данных в электронных таблицах». В работе использован алгоритмический подход к решению прикладных задач в пакете MS Excel 2010 на примере задач раздела физики «Кинетика газов»: больше внимания уделяется постановке задачи в терминах прикладной информации и алгоритмизации ее решения в электронных таблицах. Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки бакалавров и специалитета: 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника; 140400 – Электроэнергетика и электротехника; 230400 – Информационные системы и технологии; 141403 – Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Библиогр.: 4 назв. Рис. 98. Табл. 43.

УДК 004.67(076.5)  
ББК 32.973-018.2я73-5

ISBN 978-5-321-02303-7

© Уральский федеральный  
университет, 2013  
© Макаров Э. П., 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Алгоритмизации решения физических задач в электронных таблицах MS Excel – это способ дидактического достижения цели через детальную разработку алгоритма решения физической задачи в терминах инструментария электронных таблиц, которая должна завершиться программой автоматизации вычислений и создания выходного документа в соответствии с его макетом.

Учебное пособие включает дидактический материал по базовой дисциплине «Информатика», раздел «Программирование обработки данных в электронных таблицах». В работе использован алгоритмический подход к решению прикладных задач в пакете MS Excel 2010 на примере задач раздела физики «Кинетика газов» [1]: больше внимания уделяется постановке задачи в терминах прикладной информации и алгоритмизации ее решения в электронных таблицах MS Excel 2010 (2007) [2] с выводом документа.

Справочный материал по разделу «Кинетическая теория газов» представлен в главе 1 и содержит следующую прикладную информацию: функция распределения вероятностей молекул идеального газа по скоростям и характерные точки ее графика; формулы относительного количества молекул газа для интервалов скоростей конечной длины; формулы численного интегрирования (формулы прямоугольников). Справочный материал по электронным таблицам MS Excel представлен в главе 2. Основные сведения по алгоритмизации вычислений представлены в главе 3. Глава 4 посвящена алгоритмам решения физических задач на основе базовых алгоритмических конструкций: линейной, циклической и разветвляющейся.

Дидактический материал представлен в разделе 5 и содержит наборы заданий, структурированные на пять уровней в зависимости от типа базовых алгоритмов вычислительного процесса, которые применяются для их выполнения. Задания первых трех уровней (пп. 5.1-5.3) выполняются с применением линейного (вычисления по формулам), циклического (многовариантные расчеты) и разветвляющегося (анализ и принятие решений) типов алгоритмов, которые рассматриваются в курсе «Информатика» [3].

Задания повышенной сложности (пп. 5.4, 5.5) выполняются на основе комбинирования базовых алгоритмов и предназначены для использования в качестве дидактического материала при выполнении самостоятельной работы по дисциплине «Информатика». Задания повышенной сложности являются основой для рейтинговой системы оценки знаний студентов.

Решение физических задач предусматривает необходимость интегрирования знаний из области информатики (программирование электронных таблиц), физики (молекулярная физика, закон распределения Максвелла) и математики (раздел «Численное интегрирование») в объеме базовых курсов. При этом учебные задания взяты из базовых курсов физики и математики, знакомые и значимые для студента в его будущей профессиональной деятельности.

Содержательная часть практикума структурирована с указанием поэтапных результатов и форм их представления. Основными этапами практикума на основе алгоритмизации являются:

- обсуждение постановки задачи (теоретическая часть);
- структурирование задачи с выделением подзадач, подбор необходимых информационных материалов;
- обсуждение математических методов решения задач (формулы вычислений);
- разработка алгоритмов и электронных таблиц для решения задач;
- анализ полученных данных, корректировка и оформление выходных документов, конечных результатов.

По результатам выполнения учебных заданий необходимо представить отчет в виде файла на компакт-диске (прил. 1-5).

Темы учебных заданий выбраны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Информатика» ООП ВПО по направлениям подготовки бакалавров и специалитета: 140100 – Теплоэнергетика и теплотехника; 140400 – Электроэнергетика и электротехника; 230400 – Информационные системы и технологии; 141403 – Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.



# ГЛАВА 1. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ГАЗОВ

## 1.1. Кинетическая теория газов

*Кинетической теорией газов* называется учение о строении и физических свойствах газов, основанное на статистическом методе исследований (методы статистической физики). С молекулярной точки зрения идеальный газ представляет собой большое количество свободно перемещающихся молекул. Эти молекулы хаотически движутся с различными скоростями. Из-за парных столкновений скорости молекул непрерывно меняются, принимая всевозможные значения от 0 до  $\infty$ .

## 1.2. Закон распределения молекул идеального газа по скоростям

Пусть имеется  $N$  тождественных молекул, находящихся в состоянии беспорядочного теплового движения при определенной температуре. Закон распределения молекул идеального газа по скоростям (*закон Максвелла*) определяет вероятное количество  $dN$  молекул из полного их числа  $N_A$  (число Авогадро) в данной массе газа, которые имеют при данной температуре  $T$  скорости, заключенные в интервале от  $V$  до  $V+dV$ .

$$\frac{dN}{N_A} = F(V)dV, \quad (1)$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

### 1.2.1. Функция распределения вероятностей молекул газа по скоростям

$F(V)$  – функция распределения вероятности молекул газа по скоростям (*функция Максвелла*) определяется по формуле

$$F(V) = 4\pi V^2 \left( \frac{M}{2\pi RT} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left( -\frac{MV^2}{2RT} \right), \quad (2)$$

где  $V$  – модуль скорости молекул, м/с<sup>1</sup>;

$T$  – абсолютная температура, градусы по шкале Кельвина, К;

---

<sup>1</sup> Размерности всех физических величин даны в системе СИ.

$M$  – молярная масса (масса моля), численно равная относительной молекулярной массе, кг/моль;

$R=8,3144$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

Значения  $R$  в несистемных единицах и коэффициенты их перевода в систему СИ приведены в табл. 1.

Таблица 1

$R$ в несистемных единицах	Коэффициент перевода $R$ в систему СИ
$8,31441 \cdot 10^{-7}$ Эрг·(моль·К) $^{-1}$	$10^7$
$8314,41$ г·м $^3$ ·(моль·К·с $^2$ ) $^{-1}$	$10^{-3}$
$8,2056 \cdot 10^{-2}$ л·атм·(моль·К) $^{-1}$	$1,013 \cdot 10^2$
$8,2056 \cdot 10^{-5}$ м $^3$ ·атм·(моль·К) $^{-1}$	$1,013 \cdot 10^5$

Формула (2) дает распределение скоростей – долю молекул, имеющих специфическую скорость. Вывод формулы (2) функции  $F(V)$  распределения молекул по скоростям приводится в источнике [1].

### 1.2.2. График и таблица значений функции распределения $F(V)$

График кривой функции  $F(V)$  (2) (рис.1), начинаясь в нуле, при возрастании модуля скорости  $V$  достигает максимума и затем асимптотически стремится к нулю.

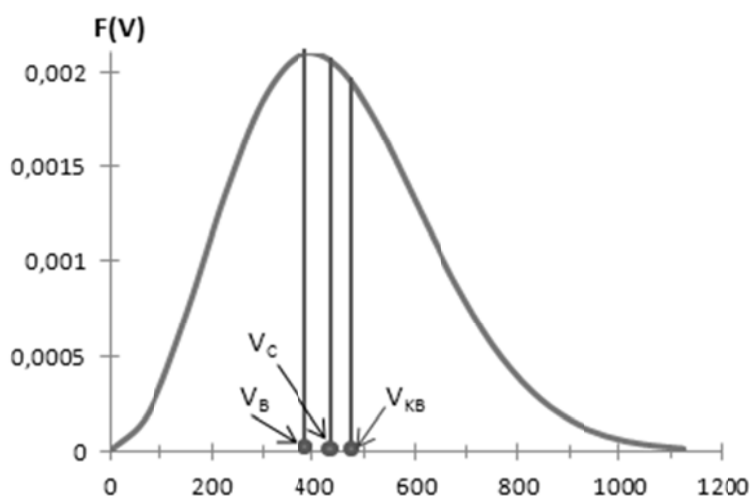


Рис.1. Кривая распределения  $F(V)$  согласно формуле (2)

Площадь, охватываемая кривой, равна единице.

График значений функции  $F(V)$  строится по таблице значений ординат функции  $F_i = F(V_i)$ , которая вычисляется по формуле (2) при подстановке различных значений модуля скорости  $V_i$ , где  $i \in [1, n]$ .

### 1.2.3. Характерные точки графика функции распределения $F(V)$

Характерными точками графика функции распределения являются средние скорости частиц: *наиболее вероятная скорость, средняя скорость и среднеквадратичная скорость* (см. рис.1).

1 *Наиболее вероятная скорость:*

$$V_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}}. \quad (3)$$

2. *Средняя скорость молекул:*

$$V_C = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}. \quad (4)$$

Например, произведем оценку средней скорости молекул кислорода. Молекулярная масса кислорода равна 32. Следовательно, масса моля  $M=32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Пусть комнатная температура равна 300 К. Подставив в формулу (4) числовые значения входящих в нее величин, получим  $V_C \approx 500$  м/с. Таким образом, каждая молекула кислорода проходит за секунду путь, равный 0,5 км.

3. *Средняя квадратичная скорость молекул:*

$$V_{KB} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (5)$$

Сопоставление выражений (3), (4) и (5) позволяет установить, что

$$V_B : V_C : V_{KB} = \sqrt{2} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{3} \approx 1 : 1,13 : 1,22. \quad (6)$$

Максимум функции  $F(V)$  достигается при  $V = V_B$  (см. рис. 1). Подставив уравнение (3) в формулу (2), получим выражение для определения

максимума функции  $F(V)$ :

$$F(V_B) = \frac{4}{eV_B} \sqrt{\frac{1}{\pi}} = \frac{4}{e} \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}, \quad (7)$$

где  $e$  – основание натурального логарифма ( $e \approx 2,71828183$ ).

Из формулы (7) следует, что при увеличении температуры или уменьшении массы моля максимум кривой функции распределения  $F(V)$  смещается вправо и становится ниже, при этом площадь, охватываемая кривой, остается неизменной.

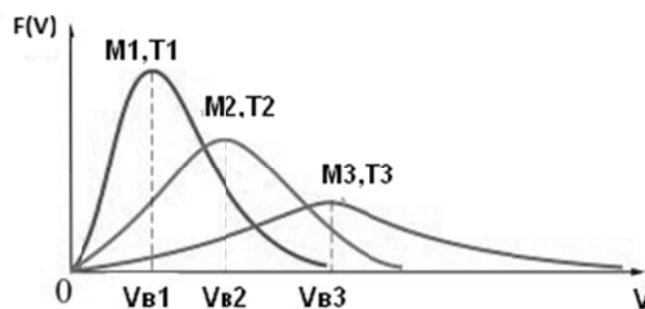


Рис. 2. Зависимость функции распределения при различных температурах и массах молекул

Зависимость функции распределения от  $M$  ( $M_1 > M_2 > M_3$ ) при  $T = \text{const}$  и от  $T$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ ) при  $M = \text{const}$  приведена на рис. 2.

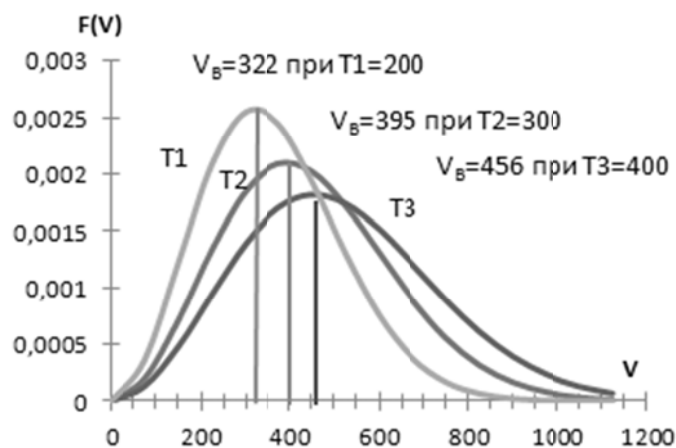


Рис. 3. График изменения кривой функции распределения при изменении температуры (при молярной массе  $M(\text{O}_2) = 0,032$  кг/моль)

Зависимость функции распределения при изменении  $T$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ ) при молярной массе  $M(\text{O}_2) = 0,032$  кг/моль приведена на рис. 3.

Зависимость функции распределения при изменении  $M$  ( $M(\text{O}_2) > M(\text{H}_2)$ ) при  $T=300$  K приведена на рис. 4.

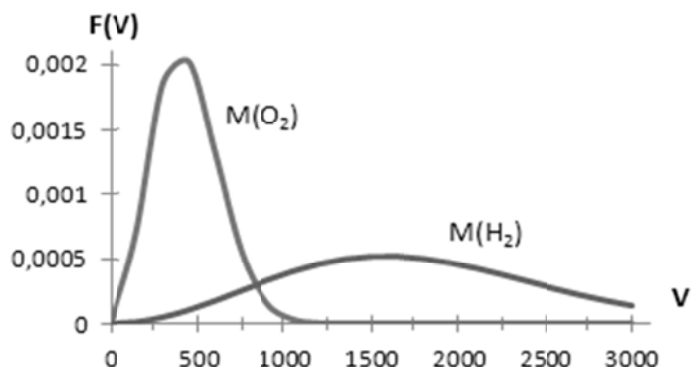


Рис. 4. График изменения кривой функции распределения при изменении молярной массы (при температуре  $T=300$  K)

### 1.3. Относительное количество молекул для различных интервалов скоростей

#### 1.3.1. Относительное количество молекул для интервала скоростей, превышающих значение $V_0$

Относительное количество молекул газа, скорость которых превышает некоторое значение  $V_0$ , определяется выражением

$$\frac{\Delta N}{N} = \int_{V_0}^{\infty} F(V) dV. \quad (8)$$

На графике (рис. 5) этому интервалу соответствует лежащая справа

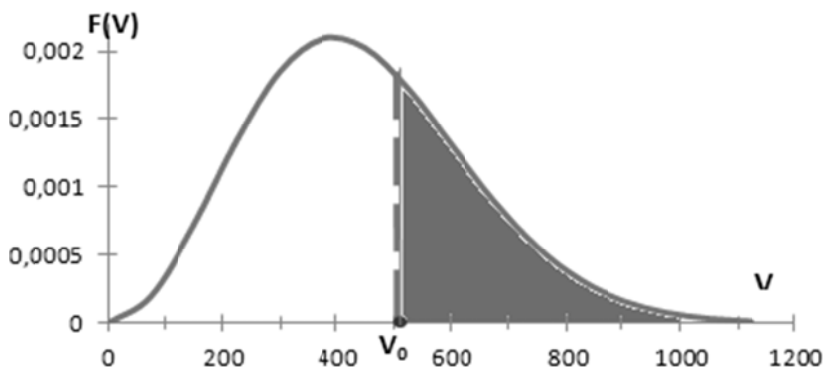


Рис. 5. Доля молекул газа, скорость которых превышает значение  $V_0$  от  $V_0$  часть площади, ограниченная кривой  $F(V)$  и осью абсцисс.

Площадь, ограниченная кривой  $F(V)$  и осью абсцисс на всем интервале возможных значений модуля скорости  $V_0$  равна единице и определяется значением интеграла

$$\int_0^{\infty} F(V) dV. \quad (9)$$

Для удобства вычислений формулу (8) с учетом (9) можно преобразовать:

$$\frac{\Delta N}{N} = 1 - \int_0^{V_0} F(V) dV. \quad (10)$$

### **1.3.2. Относительное количество молекул для интервала скоростей конечной длины**

Доля молекул газа  $dN/N$ , скорости которых лежат в интервале  $(V, V+dV)$ , численно равна площади  $dS$  криволинейной трапеции (рис. 6).

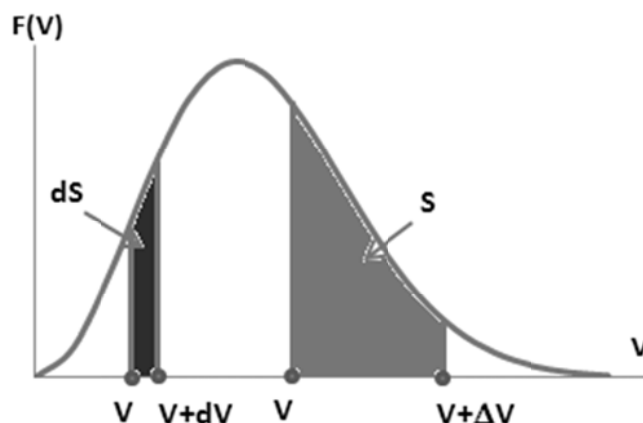


Рис. 6. Графическая интерпретация доли молекул для интервалов скоростей конечной длины

Относительное количество  $\Delta N/N$  молекул, скорости которых лежат в интервале конечной длины от  $V$  до  $V+\Delta V$ , определяется по формуле

$$S = \frac{\Delta N}{N} = \int_V^{V+\Delta V} F(V) dV \quad (11)$$

и численно равно площади  $S$  криволинейной трапеции (см. рис. 6).

### 1.3.3. Относительное количество молекул для интервала скоростей, превышающих значение $V_B$

Для определения относительного количества молекул газа, скорость которых превышает значение наиболее вероятной скорости  $V_B$  (см. рис.1), закон распределения Максвелла преобразуют с помощью перехода к относительной скорости  $U$ :

$$U = \frac{V}{V_B} \quad (12)$$

к виду

$$\frac{dN}{N_A} = F(U)dU, \quad (13)$$

где

$$F(U) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{M}{2RT}} U^2 \exp(U^2). \quad (14)$$

Уравнения (13) и (14) – универсальные. В таком виде функция распределения (14) не зависит ни от рода газа, ни от температуры.

Относительное количество молекул газа, скорость которых превышает значение  $V_B$ , определяется по аналогии с формулой (10) выражением

$$\frac{\Delta N}{N} = 1 - \frac{4}{\pi} \int_0^1 F(U)dU. \quad (15)$$

В табл. 2 приведены данные об относительном количестве молекул газа, вычисленные по формуле (15) для различных интервалов скоростей.

Таблица 2

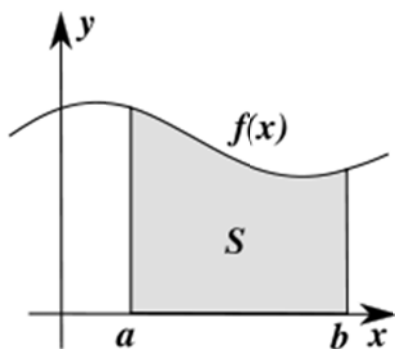
№ п/п	$V/V_B$	$\Delta N/N, \%$
1	0-0,5	8,1
2	0,5-1,5	70,7
3	1,5-2	16,6
4	2-3	4,6

Из таблицы следует, что у 70% всех молекул скорость отличается от наиболее вероятной  $V_B$  не больше, чем на 50%.

## 1.4. Численное интегрирование

### 1.4.1. Метод прямоугольников вычисления определенного интеграла

Определенный интеграл определяет площадь  $S$  криволинейной трапеции, образованной графиком функции, осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x=a$  и  $x=b$ . Вычисление площади криволинейной трапеции под графиком функции встречается при вычислениях относительного количества молекул газа для интервалов скоростей (п. 3) по формулам (9)–(15). Для вычисления определенного интеграла применяют численное интегрирование – набор численных методов, позволяющих найти значение определенного интеграла приближенно с заданной точностью  $\epsilon_{ps}$ . Численное интегрирование по методу прямоугольников приведено в источнике [4].



### 1.4.2. Формула прямоугольников

Пусть требуется определить значение интеграла  $I$  неотрицательной функции  $F(V)$  на отрезке  $[V, V+\Delta V]$  по формуле (11) (см. рис. 6).

Метод прямоугольников – это один из методов численного интегрирования, в котором отрезок  $[V, V+\Delta V]$  делится на  $n$  равных отрезков длиной  $\Delta v = \Delta V/n$ . Концы отрезков разбиения  $\Delta v$  обозначим  $(V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n)$ . Обозначив значение функции  $F(V)$  в точках  $V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n$  через  $y_0, y_1, \dots, y_n$ , а  $\Delta v$  через  $h$  и составив суммы их произведений на  $h$ , получим формулы прямоугольников, которые выражают площадь ступенчатой фигуры (рис. 7), составленной из площадей «левых» (16) или «правых» (17) прямоугольников:

$$I_1 = h(y_0 + y_1 + \dots + y_{n-1}) = h \sum_{i=0}^{n-1} y_i; \quad (16)$$

$$I_2 = h(y_1 + y_2 + \dots + y_n) = h \sum_{i=1}^n y_i. \quad (17)$$

На практике за значение определенного интеграла рекомендуется принять полусумму значений по формулам (16) и (17), учитывая априорно



большую точность формулы (18) вычисления определенного интеграла.

$$I=(I_1+I_2)/2. \quad (18)$$

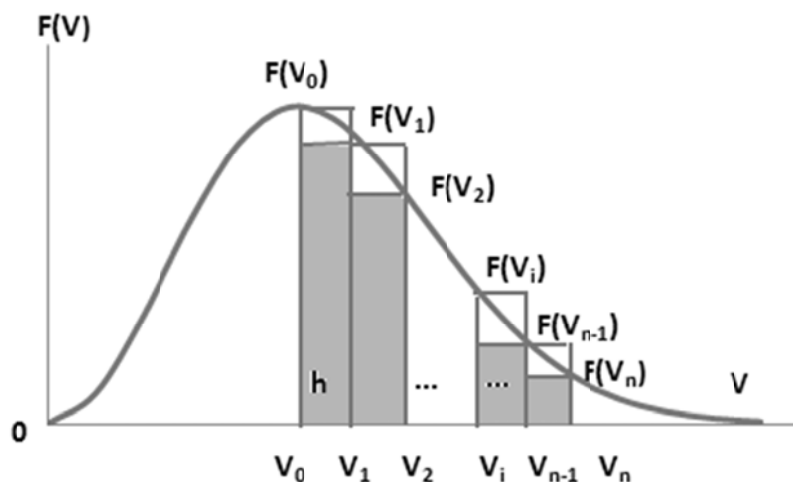


Рис. 7. Графическая интерпретация метода прямоугольников  
(выделены «правые» прямоугольники по формуле (17))

## ГЛАВА 2. ОСНОВЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

### 2.1. Представление об алгоритме

#### 2.1.1. Понятие алгоритма. Свойства алгоритма

Автоматизация обработки информации с использованием электронных таблиц предполагает разработку на начальном этапе постановки задачи и алгоритма ее решения. В постановке задачи определяются: цели решения задачи, математическое описание, точность, форма результата.

*Алгоритм* – это конечная последовательность однозначно сформулированных действий преобразования исходных данных в искомый результат, заданная в виде *формального описания*. Рассматривается два класса алгоритмов: *числовые*, в которых решение сводится к арифметическим действиям; *логические* – решение сводится к логическим действиям. Собственно решение задачи или выполнение действий по данному алгоритму является его *исполнением*.

Алгоритм характеризуется следующими *свойствами*:

- *дискретность* – последовательность заранее определенных действий, каждое следующее действие выполняется после завершения предыдущего;

- *детерминированность (определенность)* – все действия в алгоритме определены однозначно и его исполнение различными исполнителями механически, без их творческого вмешательства, приводит к одинаковым результатам (результат не зависит от исполнителя и может быть выполнен компьютером);
- *массовость (универсальность)* – может применяться для решения задач, в которых в качестве исходных данных используются переменные величины, принимающие множество любых допустимых значений для данного алгоритма;
- *результативность (достижимость результата)* – завершение каждого действия и алгоритма в целом получением результата, невозможность достижения результата выводится в виде сообщения пользователю;
- *конечность* – возможность исполнения алгоритма, получение результата за конечное число шагов и за приемлемое время (исключается заикливание выполнения алгоритма).

### **2.1.2. Алгоритмизация решения задачи**

*Алгоритмизация* – процесс разработки алгоритма для решения задачи и записи его в какой-либо удобной форме.

Алгоритмизация решения задачи включает следующие этапы.

1. Разработка постановки задачи, в которой определяются:

- цели решения задачи (проверка гипотез, построение зависимостей в виде диаграмм, многовариантные расчеты и т.п.);
- математическое описание (в виде математических формул),
- условия решения задачи (области изменения значений результата, анализ данных и принятие решений в процессе вычислений);
- требования по точности представления исходных данных и результатов вычислений (количество верных десятичных цифр в целой и дробной частях численного решения);
- форма документа для вывода результата (макет выходного документа).

## 2. Определение исходных данных:

- диапазона их значений, системы единиц, в которой они представлены;
- коэффициентов перевода в систему единиц СИ;
- области определения (множества значений) исходных данных, в которой существует решение задачи.

3. Разработка *алгоритма* – конечной последовательности действий преобразования исходных данных в искомый результат, удовлетворяющий *свойствам алгоритма* (см. п. 2.1.1).

4. Разработка *формального описания* алгоритма и выбор способа записи алгоритма для его представления.

## 2.2. Способы записи алгоритмов

Алгоритм решения задачи реализуется в виде программы с использованием инструментария электронной таблицы MS Excel. Следовательно, необходимо иметь такие способы записи алгоритмов, которые легко воспринимаются человеком, но являются достаточно строгими, чтобы их можно было впоследствии перевести в программу инструментальными средствами электронных таблиц.

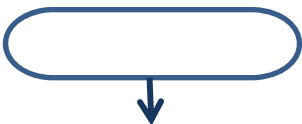
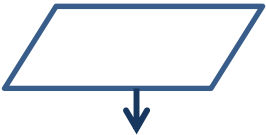

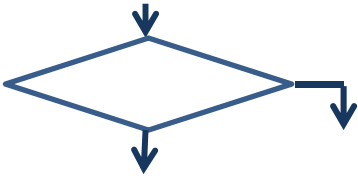
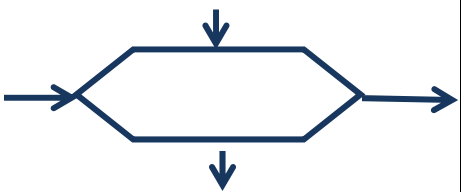
Существуют различные способы записи алгоритмов. К основным способам относятся *описательный, графический и программный*.

*Описательным* называется способ записи алгоритма, составленный на естественном языке, в частности, математическом языке (формул).

### 2.2.1. Графический способ записи алгоритмов

*Графический способ* отличается компактной и наглядной формой записи логической структуры (блок-схемы) алгоритма (фрагмента). Каждый шаг в алгоритме отображается на схеме некоторой геометрической фигурой (блоком) и дополняется элементом описания (словесного, на псевдоалгоритмическом языке или алгоритмических языках Basic, Pascal, Fortran, C и др.). Основные блоки, которые используются при составлении графического алгоритма по ГОСТ 19.701-90, изображены в табл. 3.

## Условные обозначения на блок-схемах алгоритмов

Основные блоки по ГОСТ	Описательное (словесное) описание
	<i>Начало (конец)</i> алгоритма.
	<i>Данные</i> – ввод данных (с клавиатуры), вывод данных (на печать)
	<i>Процесс</i> . Выполнение операции или группы операций, приводящее к изменению значения
	<i>Решение</i> . Внутри блока записывается условие. Блок имеет один вход и два альтернативных выхода: «да» – условие выполнено, «нет» – условие не выполнено
	<i>Подготовка (цикл)</i> – отображает модификацию команды или группы команд с целью воздействия на некоторую последующую функцию (инициализация циклического повторения одного или нескольких операторов: <i>тела цикла</i> , задание начального значения <i>параметра цикла</i> , изменение параметра цикла, выполнение тела цикла, проверка <i>условия выполнения цикла</i> , выход из цикла)

### 2.2.2. Программный способ записи алгоритмов

На практике в качестве исполнителей алгоритмов используются компьютеры или программируемые контроллеры (микропроцессоры). Для записи алгоритмов, предназначенных для исполнения на компьютере, используют алгоритмические языки. Запись алгоритма на алгоритмическом языке затем дополняется до программы, которая специальными служебными программами (*трансляторами, компиляторами*) либо переводится в машинный код, либо исполняется на компьютере.

*Алгоритмические* или *процедурные* языки (Pascal, Basic, C и др.) предназначены для однозначного описания алгоритмов в виде некоторой последовательности операторов языка. Основные операторы языка Pascal приведены в табл. 4.

Таблица 4

Оператор языка Pascal	Назначение
1	2
begin <Оператор1>; <Оператор2> end.	Алгоритм начинается словом <i>begin</i> (операторная скобка) – начало последовательности операторов. Завершает алгоритм слово <i>end</i> с точкой
<Переменная>:= <Выражение>	<i>Оператор присваивания</i> – в левой части указывается <i>имя переменной</i> , правая часть представляет собой <i>выражение</i> того же типа, что и переменная. Пара символов «:=», связывающая левую и правую части оператора присваивания, означает «вычислить выражение и присвоить значение переменной»
ReadLn (<Переменная>);	Оператор ReadLn вызывает встроенную <i>процедуру ввода данных</i> и программа останавливается. В этот момент необходимо набрать на клавиатуре значение переменной и нажать клавишу <Enter>

1	2
WriteLn('Строка символов', <Переменная>)	Оператор обращения к процедуре вывода данных на экран «Строки символов» (текста) (WRITE Line – записать строку) и значения переменной
IF <условие> THEN <оператор1> ELSE <оператор2>	<i>Условный оператор IF.</i> Вычисляется условное выражение <условие>. Если результат есть TRUE (истина), то выполняется <оператор1>, а <оператор2> пропускается; если результат есть FALSE (ложь), наоборот, <оператор1> пропускается, а выполняется <оператор2>
FOR<пар_цик>:= <нач_знач> TO <кон_знач> DO <оператор>	<i>Счетный оператор цикла FOR.</i> Вначале вычисляется выражение <нач_знач> и <i>счетчику цикла</i> присваивается начальное значение <пар_цик>:= <нач_знач>. После этого циклически повторяются: <ul style="list-style-type: none"> <li>• проверка условия повторения цикла &lt;пар_цик&gt; &lt;= &lt;кон_знач&gt;; если условие не выполнено, оператор FOR завершает свою работу;</li> <li>• выполнение произвольного оператора (<i>тела цикла</i>) DO &lt;оператор&gt;;</li> <li>• наращивание переменной счетчика цикла &lt;пар_цик&gt; на единицу</li> </ul>
begin ..... begin ..... end; ..... end	<i>Составной или пустой оператор</i> – это последовательность операторов алгоритма (программы), входящих в составной оператор, среди которых могут быть другие вложенные составные операторы

## ГЛАВА 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ

### 3.1. Электронные таблицы Microsoft Excel (версии 2007, 2010)

*Электронные таблицы (табличные процессоры)* – прикладное программное обеспечение общего назначения, предназначенное для обработки данных (преимущественно числовых), которые представлены в *табличной форме*. Решение численными методами целого ряда математических задач удобно выполнять именно в табличной форме. Многие вычислительные задачи в прикладных науках (анализ данных, проектирование, прогнозирование и др.), которые раньше можно было осуществить только с применением программирования на алгоритмических языках, стало возможно реализовать через математическое моделирование в электронной таблице. Программы Microsoft Excel (версии 2007, 2010) являются одними из наиболее распространенных электронных таблиц [2].

#### 3.1.1. Графический интерфейс пользователя

Инструментальная среда для обработки данных в электронной таблице представлена в виде *графического интерфейса пользователя – Рабочего окна* (рис. 8) с открытой пустой *Рабочей книгой Книга1*.

В *Рабочем окне* MS Excel содержатся следующие основные элементы, которые относятся к инструментальным средствам программирования:

- *Лента* – элемент интерфейса, содержащий элементы управления (кнопки, команды, параметры, галереи стилей, палитры и др.), которые собраны в тематических вкладках (основных и контекстных).
- *Рабочий лист*, разделенный на строки и столбцы, которые при пересечении образуют ячейки электронной таблицы. Положение ячейки (координаты) на *Рабочем листе* задается ее адресом. Адрес ячейки «по умолчанию» состоит из букв столбца и номера строки, на пересечении которых он находится (ячейка с адресом A1 находится на пересечении столбца A и строки 1).

- Строка формул, в которой отображается адрес ячейки электронной таблицы (или диапазона ячеек), значение или выражение, которое содержится в ячейке.

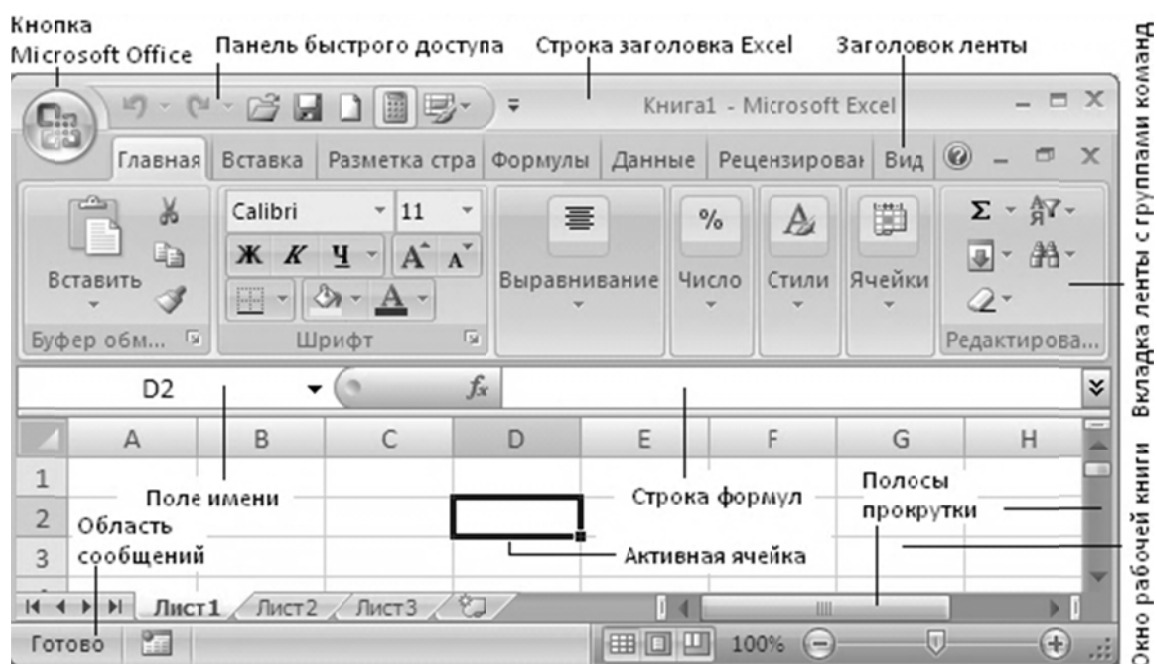


Рис. 8. Рабочее окно программы MS Excel

### 3.1.2. Информационная структура ячейки Рабочего листа

Каждая ячейка хранит и отображает введенную информацию одного из возможных *типов данных* (*Текстовый*, *Числовой*), а также формул. *Информационная модель ячейки* электронной таблицы может быть представлена в виде логической структуры, отображающей в *отдельных слоях*:

- введенные *данные* и результаты вычислений;
- *формулы* вычислений;
- *форматы* данных для изменения их отображения в документе.

При создании электронной таблицы выполняют ввод в ячейку: текстовых и числовых данных, формул, по которым выполняются вычисления (начинается со знака «=»), и команд форматирования данных. При выполнении форматирования данных в ячейке (определить количество разрядов после запятой в числовых значениях, шрифты и начертание символов текста и др.) хранимые в памяти компьютера и отображаемые в электронной таблице значения на экране дисплея могут не совпадать.



В памяти компьютера данные хранятся с количеством десятичных разрядов, равным 15, принятым «по умолчанию».

В процессе работы с электронной таблицей на экране дисплея отображается «по умолчанию» только слой данных. При этом формула, введенная в ячейку, отображается в *строке формул*. *Форматы данных* в ячейке можно определить по *активным элементам управления* (кнопкам) в разделах *Шрифт*, *Число*, *Выравнивание*, *Ячейка* вкладки *Главная* Ленты (см. рис. 8), а также в диалоговом окне *Формат ячеек*, которое можно вызвать через *контекстное меню* выделенной ячейки (рис. 9).

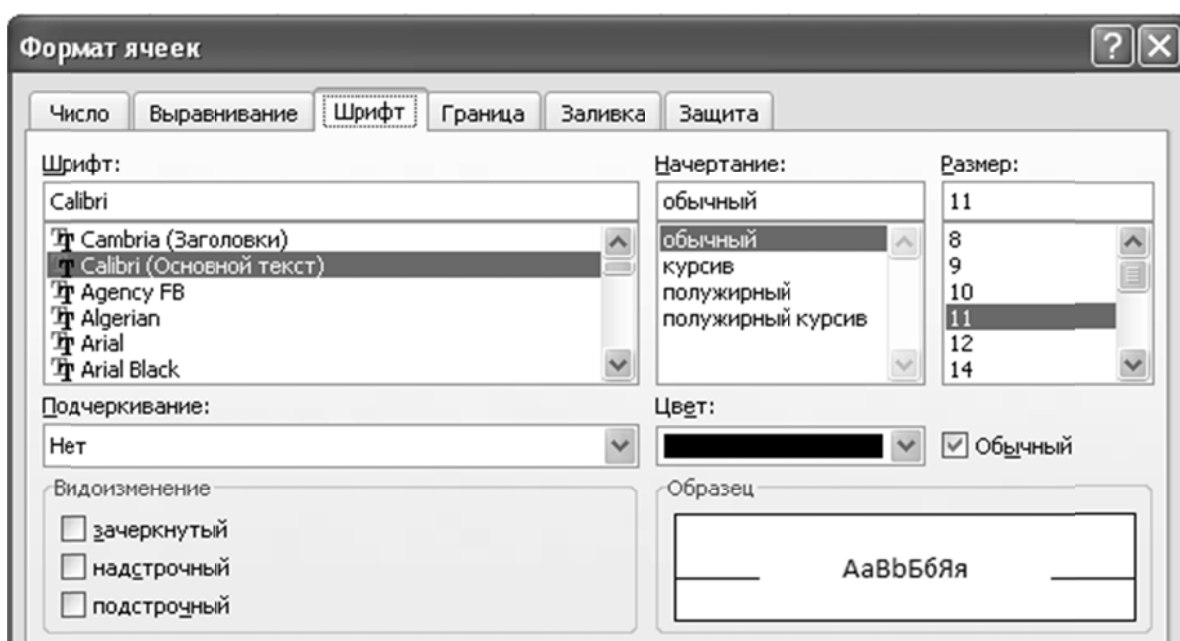


Рис. 9. Диалоговое окно *Формат ячеек*

## 3.2. Инструментальные средства записи алгоритмов вычислений

### 3.2.1. Понятие «формула с адресными ссылками»

В MS Excel понятием формула определяется математическое выражение, на основании которого вычисляется значение в некоторой ячейке. В формулах могут использоваться как конкретные числовые значения, так и адреса (имена) ячеек, значения из которых должны быть подставлены в формулу на место адресной ссылки. Результат, полученный при вычислениях по одной формуле, может быть представлен в виде

адресной ссылки (имени) и использован в качестве операнда в других формулах. Таким образом, можно создавать *алгоритмы на основе длинной цепи вычислений* с адресными ссылками на исходные данные и промежуточные вычисления. При изменении значения в какой-либо из ячеек, адресная ссылка на которую входит в формулы, будут автоматически пересчитаны формулы во всех ячейках *Рабочего листа*. Адреса ячеек электронной таблицы в процессе автоматического пересчета изменяются в виде *линейной последовательности* (в MS Excel 2010 на одном *Листе* более 16 миллиардов ячеек).

Помимо простейших арифметических операций в формулах могут использоваться встроенные в MS Excel функции, которые представляют собой некоторую, заранее predetermined формулу (рис. 10). Например, функция КОРЕНЬ (*аргумент*), которая имеется в *Библиотеке функций* (вкладка *Формулы*, раздел *Библиотека функций*, кнопка *Математические*), вычисляет значение корня квадратного от значения аргумента.

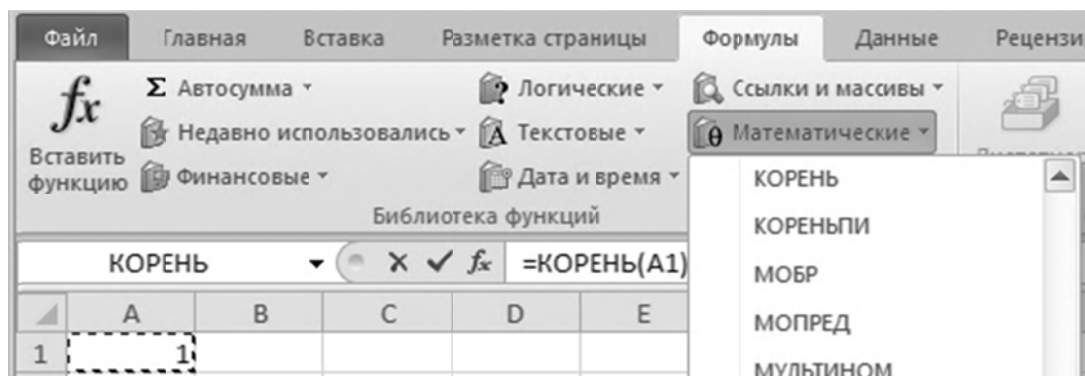


Рис. 10. Вкладка *Библиотека функций* на вкладке *Формулы* Ленты

В качестве аргумента возможно значение *Числового* типа, которое может быть задано конкретным числовым значением или *адресной ссылкой* на ячейку, в которой также хранится *Числовое* значение.

### 3.2.2. *Формулы массивов*

Для проведения однотипных вычислений над несколькими наборами значений в технологии электронных таблиц с целью упрощения их создания можно использовать *формулы массивов*. *Массив* – это группа ячеек (диапазон)

или значений, которые представляют данные и воспринимаются при их обработке в MS Excel как *единый объект*. Массивы представляют собой структуру организации данных по строкам и столбцам (одномерные и двумерные массивы). Одномерные массивы содержат единственный столбец или строку. Двумерные массивы состоят из нескольких столбцов и строк.

На рисунке 11 представлены два массива. Первый массив – *одномерный*, размером 3x1 (содержит три строки и один столбец) включает ячейки *диапазона массива* A1:A3. Второй массив размером 2x3 – *двумерный*. Он объединяет ячейки *диапазона массива* C2:E3 и содержит две строки и три столбца.

	A	B	C	D	E
1	1,2				
2	1,5		2,2	2,5	3,1
3	2,1		3,4	4,2	4,8

Рис. 11. Рабочий лист с двумя массивами (одномерный и двумерный)

*Формула массива* – это специальная формула, которая выполняет вычисления над наборами значений и возвращает результат в виде либо одного, либо набора значений. В качестве ссылок в формулах массивов указываются *диапазоны массивов*, а сами формулы заключаются в фигурные скобки. При работе с отдельными ячейками *диапазона значений* необходимо ввести формулу для каждой ячейки диапазона. Если диапазон значений представлен как диапазон массива, то MS Excel не работает с каждой отдельной ячейкой диапазона, а обрабатывает их одной формулой массива, которая применяется сразу ко всем ячейкам диапазона.

*Функции массивов* – некоторые встроенные функции MS Excel, которые являются формулами массивов. Эти функции либо возвращают массив значений, либо им требуется ввести массив значений в качестве аргумента.

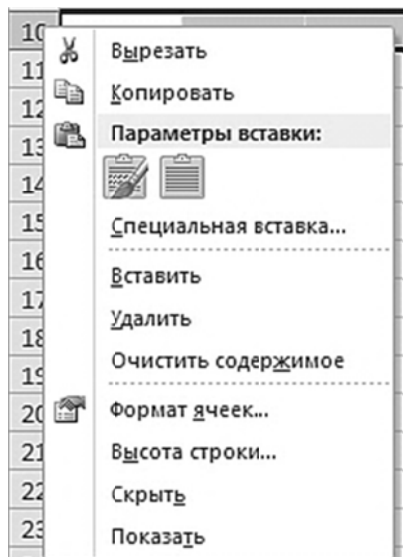
### 3.3. Редактирование электронных таблиц

Выполнение реорганизации информации в созданной электронной таблице, придание ей формы в соответствии с макетом выходного документа является одним из важных этапов процесса алгоритмизации решения задачи.

В процессе реорганизации необходимо *управлять ячейками, строками и столбцами* в пределах Рабочего листа (вставка, удаление, перемещение, копирование), а также листами в пределах Рабочей книги, которые содержат связанные данные. Основные действия по редактированию электронной таблицы включают следующие:

1. Вставка новых строк и столбцов.
2. Удаление строк и столбцов.
3. Перемещение ячеек и диапазонов в пределах одного листа.
4. Копирование ячеек и диапазонов.
5. Редактирование информации, введенной в ячейку.
6. Форматирование данных в ячейке.
7. Выравнивание содержимого ячейки.
8. Изменение ширины ячейки.
9. Добавление границ.
10. Графическое представление числовых данных.

### **3.3.1. Вставка новых строк и столбцов**



Необходимо выполнить следующие действия, чтобы *вставить (удалить) строки или столбцы* в открытом *Рабочем листе*:

1. Щелкнуть на заголовке строки или столбца: для вставки щелкнуть ниже вставляемой строки и правее вставляемого столбца; для удаления щелкнуть на заголовке удаляемой строки или столбца.
2. Установить указатель мыши на выделенной области, щелкнуть правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать пункт *Вставить (Удалить)*.
3. Если удаление строк и столбцов привело к удалению данных, используемых в формулах, в ячейках с формулами появляется сообщение об ошибке #ССЫЛКА!. Необходимо исправить формулу, удалив ссылку на ячейку, которая не существует.

### ***3.3.2. Перемещение ячеек и диапазонов в пределах одного листа***

Выполнить следующие действия, чтобы *переместить ячейки и диапазоны* в пределах одного *Рабочего листа*:

1. Выделить ячейку или диапазон, которые нужно переместить.
2. Установить указатель мыши на одну из границ выделенной области – появится стрелка с маленьким крестиком на конце.
3. Удерживая кнопку мыши, перетащить выделенную область в область для перемещения и отпустить кнопку мыши.
4. MS Excel переместит данные, содержащиеся в выделенной ячейке или диапазоне, в указанное место. При перемещении диапазона, который содержит формулы, ссылающиеся на другие ячейки, ссылки на исходные ячейки не будут изменены.

### ***3.3.3. Копирование ячеек и диапазонов***

*Копирование ячеек и диапазонов* – это распространенная операция, которая может применяться при редактировании электронных таблиц в разнообразных целях:

- копирование данных из одного диапазона (ячейки) в другой диапазон;
- копирование данных из одного или нескольких диапазонов в другой.

Процедура копирования включает две операции: *копирование в буфер обмена Office* и *вставку содержимого буфера обмена в целевую ячейку или диапазон*.

Выполнить следующие действия, чтобы произвести *копирование содержимого одного диапазона в другой*, имеющий те же размеры.

1. Выделить диапазон, который нужно скопировать, нажать комбинацию клавиш <Ctrl+C> либо щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать пункт *Копировать* в контекстном меню (рис. 12).
2. Выделить левую верхнюю ячейку в том диапазоне, в который необходимо вставить данные из буфера обмена. Для выбора параметра вставки щелкнуть на стрелке, находящейся в нижней части кнопки *Вставить*

вкладки *Главная* Ленты (см. рис. 8), или щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать пункт *Параметры вставки*, чтобы открыть коллекцию *Параметры вставки* (см. рис. 12).

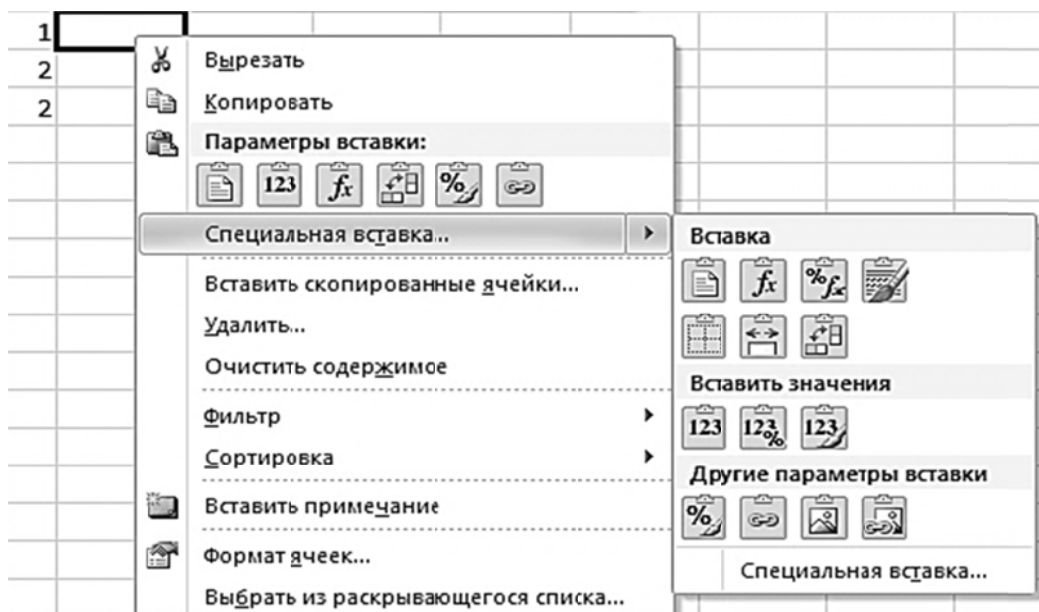





Рис. 12. Коллекция *Параметры вставки*

MS Excel отображает экранную подсказку для каждого выбранного значка коллекции *Параметры вставки*. Для этого достаточно установить по очереди указатель мыши над значками для просмотра эффекта их применения. Для просмотра дополнительных параметров вставки выбрать пункт меню *Специальная вставка*.

После завершения вставки диапазона справа отобразится *смарт-тег*  (Ctrl) *Параметры вставки*. Нажать клавишу <Ctrl> для отображения коллекции альтернативных параметров вставки, если нужно изменить параметр вставки после его применения. Для отмены отображения смарт-тега нажать клавишу <Esc>.

### ***3.3.4. Редактирование информации, введенной в ячейку***

Чтобы выполнять *редактирование информации*, введенной в ячейку, необходимо выделить ячейку и перейти в *режим редактирования*: нажать клавишу <F2> или дважды щелкнуть на ячейке. В примере, показанном на рис. 13, демонстрируется содержимое ячейки B4 после двойного щелчка левой кнопкой мыши.

В строке формул появятся две новые пиктограммы:  – отмена редактирования;  – ввод изменений в содержимое ячейки (см. рис. 13). Указатель мыши принимает вид *вертикальной черты*, которую можно перемещать с помощью клавиш управления курсором. В месте нахождения указателя можно добавлять и удалять символы.

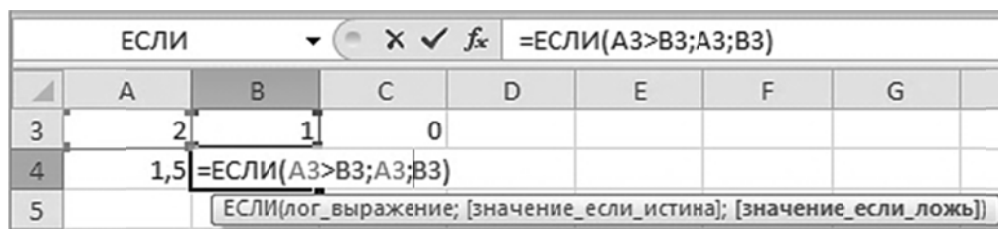


Рис. 13. Редактирование информации в ячейке

### 3.3.5. Форматирование данных в ячейке

*Форматирование данных* – это распространенная операция, которая применяется при управлении внешним видом данных в ячейках электронной таблицы с помощью целого ряда *опций форматирования* в MS Excel.

#### *Изменение внешнего вида содержимого ячейки*

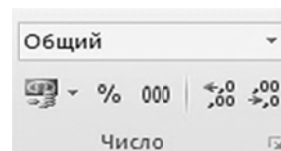
Для отображения данных в ячейке используется шрифт Calibri размером 11 пунктов. К ячейкам можно применить различные *стандартные стили, размер шрифта, цвет шрифта и заливки и другие атрибуты*.

Для этого можно воспользоваться параметрами, которые находятся в группе *Шрифт* вкладки *Главная* Ленты, как показано на рис.



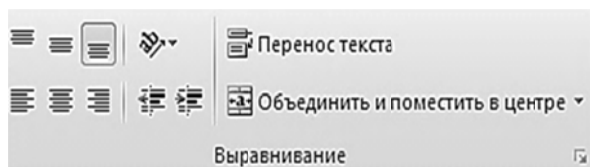
#### *Форматирование числовых значений*

«По умолчанию» числа отображаются в ячейке в формате *Общий* в том виде, в котором они были введены (не выводятся незначащие нули и знак «+» у положительного числа). Для применения встроенных числовых форматов возможно использование кнопки в группе *Число* вкладки *Главная* Ленты.



### 3.3.6. Выравнивание содержимого ячейки

«По умолчанию» применяются следующие параметры выравнивания:

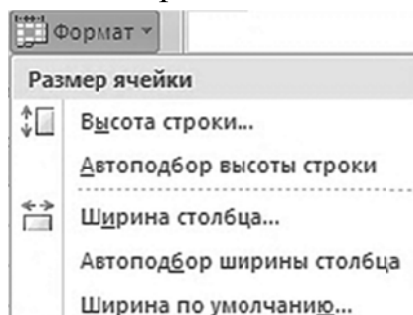


данные выравниваются *по нижнему краю*, числа – *по правому краю*, текст – *по левому краю*. Используя набор

стандартных параметров из группы *Выравнивание* вкладки *Главная* Ленты можно изменить отображение данных в ячейке.

### 3.3.7. Изменение размера ячейки

Потребность в изменении ширины столбца возникает, когда числовое



значение не может отображаться (набор знаков #####) и нужно расширить ячейку. В ячейке может отображаться «по умолчанию» не более 8 символов. Высоту строки MS Excel настраивает «по умолчанию» в соответствии с самой высокой записью в строке. Для изменения ширины столбца

(высоты строки) необходимо выделить любую ячейку в столбце (строке), ширину (высоту) которой нужно изменить. На вкладке *Главная* Ленты в группе *Ячейка* щелкнуть на кнопке *Формат* и в меню выбрать пункт *Ширина столбца (Высота строки)*.

### 3.3.8. Добавление границ

Используя различные типы линий при создании границ, изменяя ширину столбцов и высоту строк, пользователь может создать бланк документа любой сложности. На одном *Рабочем листе* не рекомендуется использовать границы и отображать сетку. Для того чтобы убрать с экрана сетку, в группе *Показать или скрыть* вкладки *Вид* Ленты нужно убрать флажок *Сетка*. Для задания границ необходимо: выделить диапазон или ячейку, к которым нужно добавить границы; открыть вкладку *Граница* диалогового окна *Формат ячеек* (рис. 14); в секции *Линия* выбрать *тип линии* и ее *цвет*; с помощью кнопок в правой части диалогового окна задать местоположение границ щелчками кнопок, на которых они изображены;



щелкнуть на кнопке ОК, чтобы граница появилась в таблице.



Рис. 14. Диалоговое окно *Формат ячеек* с открытой вкладкой *Граница*

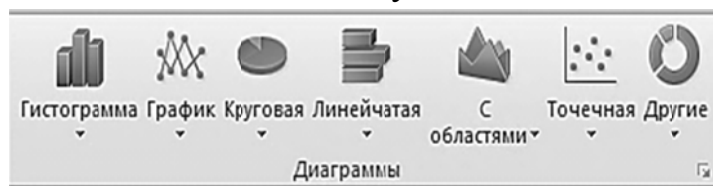
### 3.3.9. Графическое представление числовых данных

*Графическое представление числовых данных* – это процедура визуализации данных, находящихся в ячейках электронной таблицы в виде *диаграммы*. Процедура визуализации включает две основные операции: *создание внедренной диаграммы*; *форматирование элементов диаграммы*.

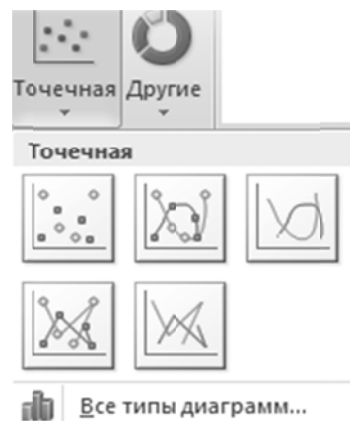
#### *Создание диаграммы*

Для *создания диаграммы* необходимо выполнить следующие действия:

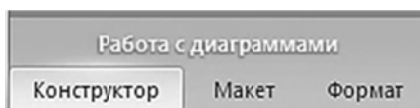
- Выбрать данные, на основе которых будет создана диаграмма, включая *метки строк и столбцов* (для идентификации названий *рядов и категорий*).



- Выбрать вкладку *Вставка* Ленты и щелкнуть мышью на кнопке, определяющей тип диаграммы, в группе *Диаграммы* – MS Excel отобразит коллекцию подтипов диаграммы. Выбрать подтип диаграммы из коллекции.



- После выбора подтипа создается диаграмма, внедренная в состав



Рабочего листа. MS Excel отобразит набор контекстных вкладок *Работа с диаграммами* Ленты. Автоматически выбирается вкладка *Конструктор* инструментов работы с диаграммами.



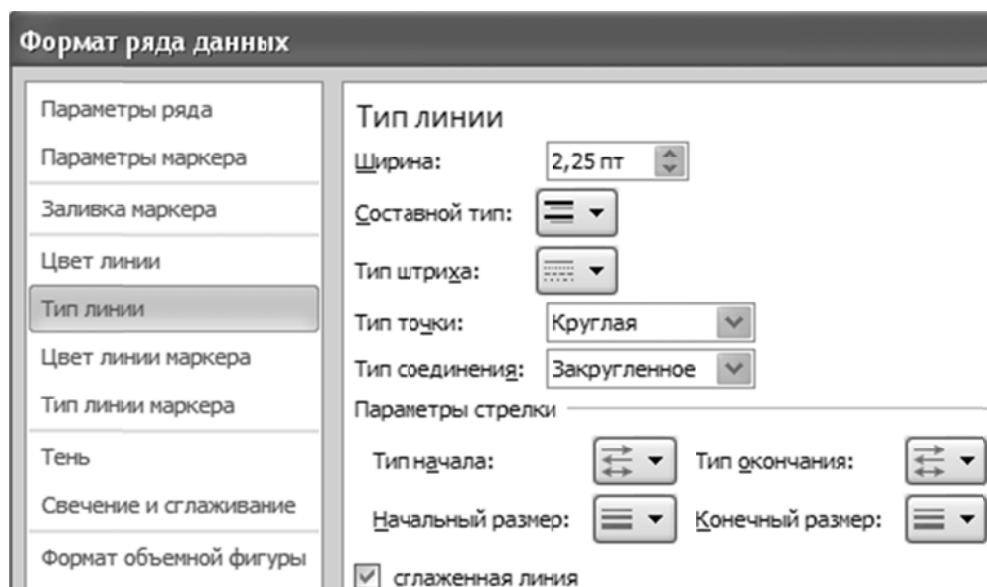
- Выбрать в коллекции *Макеты диаграмм* общий стиль расположения элементов на диаграмме. Использовать стрелочку, направленную вниз, для прокрутки всей коллекции макетов.

- В случае необходимости выбрать новый стиль диаграммы в коллекции *Стили диаграмм*.

### *Форматирование элементов диаграммы*

Для *форматирования элементов диаграммы* необходимо выполнить в диалоговом окне *Формат*, вид которого зависит от выбранного элемента диаграммы, следующие действия:

- Дважды щелкнуть на выбранном элементе диаграммы и перейти в контекстное диалоговое окно *Формат* (*название элемента диаграммы*). Набор параметров в этом окне изменяется в зависимости от выбранного элемента диаграммы (см. рис.).



Выбрать опцию в левой части диалогового окна (*Тип линии*).

- Выбрать необходимые параметры форматирования в правой части диалогового окна и щелкнуть на кнопке ОК.

## ГЛАВА 4. РЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Структура любого алгоритма может быть представлена комбинацией трех базовых структур: линейной (следование), разветвляющейся (ветвление) и циклической (цикл). Характерной особенностью базовых структур является наличие в них одного входа и одного выхода (см. табл. 3).

### 4.1. Линейные алгоритмы

В линейном алгоритме действия выполняются последовательно одно за другим в виде линейной последовательности действий (базовая структура «следование»). Структуру линейного алгоритма рассмотрим на примере «Вычисление по формулам».

#### 4.1.1. Вычисление по формулам (пример 1)

*Постановка задачи «Вычисление по формулам»*

Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_v$  и среднюю скорость  $V_c$  молекул газа с молярной массой  $M$  при температуре  $T$  в системе единиц СИ по формулам (3) и (4) соответственно.

Таблица 5

Исходные данные для примера 1

Исходные данные	Обозначения, размерность в системе СИ
$R = 8,3144 \cdot 10^{-7}$ Эрг/(моль·К)	$R$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К)
$T=25$ С	$T$ – абсолютная температура газа, К
$M(N_2)=28$ г/моль	$M$ – молярная масса молекул газа азота, численно равная молекулярной массе, кг/моль
$K_R=10^7$	Коэффициент перевода $R$ в систему СИ $R= 8,3144$
$K_T=273$	Коэффициент перевода $T$ в систему СИ $T=298^\circ\text{К}$
$K_M=10^{-3}$	Коэффициент перевода $M$ в систему СИ $M(N_2)=0,028$ кг/моль

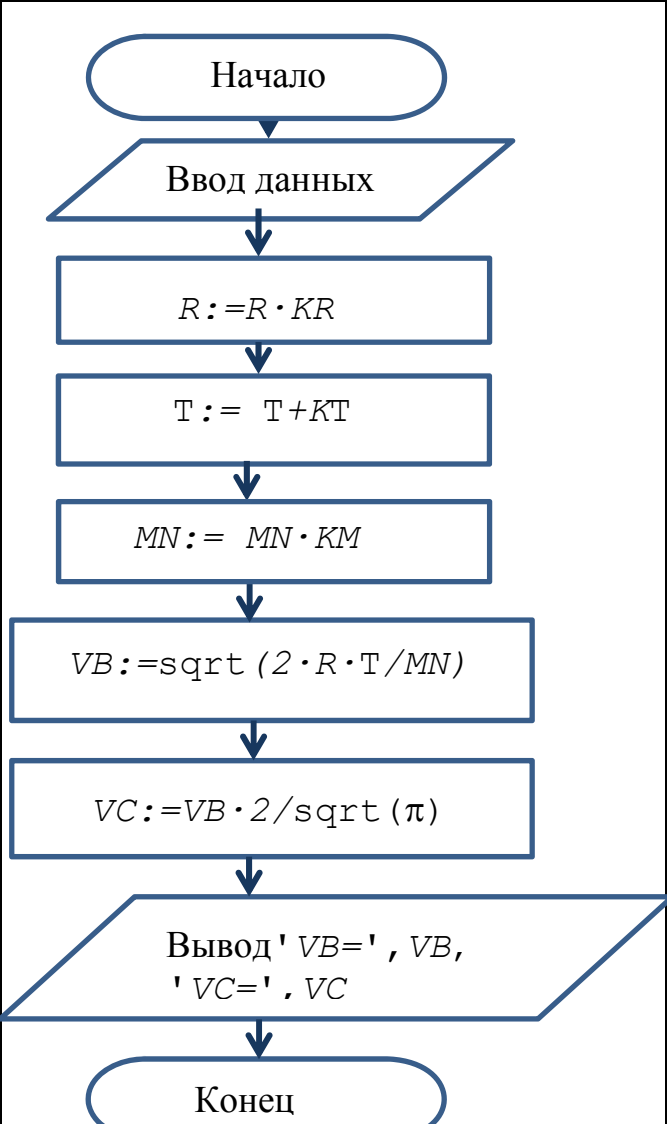
Преобразуем формулу для вычисления средней скорости  $V_c$ , исключив повторяющиеся действия с учетом соотношения (6):

$$V_B = \sqrt{2RT/M}; V_c = 2V_B/\sqrt{\pi}.$$

*Алгоритм решения задачи «Вычисление по формулам»*

Формализованное описание алгоритма приведено в табл.6.

Таблица 6

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Pascal
 <pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; R["R := R * KR"]     R --&gt; T["T := T + KT"]     T --&gt; MN["MN := MN * KM"]     MN --&gt; VB["VB := sqrt(2 * R * T / MN)"]     VB --&gt; VC["VC := VB * 2 / sqrt(π)"]     VC --&gt; Output[/Вывод 'VB=', VB, 'VC=', VC/]     Output --&gt; End([Конец]) </pre>	<pre> begin ReadLn (R, T, MN, KR, KM, KT) ;  R := R * KR ;  T := T + KT ;  MN := MN * KM ;  VB := sqrt (2 * R * T / MN) ;  VC := VB * 2 / sqrt (π) ;  WriteLn (' VB=' , VB , ' VC=' , VC)  end. </pre>

Описание алгоритма включает:

- графическую форму записи алгоритма в виде логической структуры (блок-схемы);
- запись алгоритма на алгоритмическом языке Pascal.

Электронная таблица решения задачи «Вычисление по формулам»

Электронная таблица решения задачи приведена на рис. 15.

D1		fx		=КОРЕНЬ(2*C1*C2/C3)		
	A	B	C	D	E	F
1	8,3144E-07	1,00E+07	8,3144	420,6875		
2	25	273	298	474,695		
3	28	0,001	0,028			

Рис. 15. Электронная таблица вычисления скоростей (пример 1)

Таблица 7

Планирование электронной таблицы

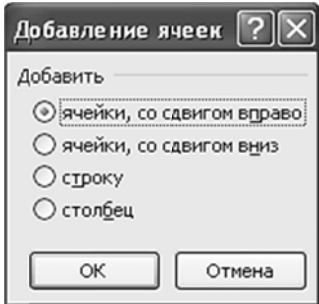
№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке в формате <i>Общий</i>
1	$R$	A1	8,3144e-7	8,31E-07 (форматировать до вида 8,3144E-07 – в группе <i>Число</i> вкладки <i>Главная</i> Ленты щелкнуть кнопку «Увеличить разрядность»)
2	$T$	A2	25	25
3	$M(N_2)$	A3	28	28
4	$K_R$	B1	1e7	1,00E+07
5	$K_T$	B2	273,15	273,15
6	$K_M$	B3	0,001	0,001
7	$R=R \cdot K_R$	C1	=A1*B1	8,3144
8	$T=T+K_T$	C2	=A2+B2	298
9	$M=M(N_2) \cdot K_M$	C3	=A3*B3	0,028
10	$V_B = \sqrt{2RT/M}$	D1	=КОРЕНЬ (2*C1*C2/C3)	420,6875
11	$V_c = 2V_B/\sqrt{\pi}$	D2	=2*D1/КОРЕНЬ (ПИ())	474,695

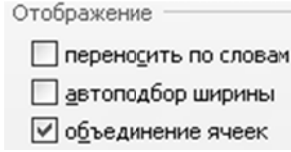
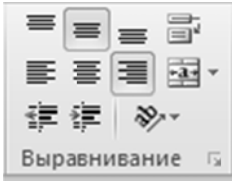
### *Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel*

Для *реорганизации информации* в созданной электронной таблице (рис. 15), придание ей формы в соответствии с макетом выходного документа (прил. 1) необходимо выполнить следующие операции (табл. 8).

Таблица 8


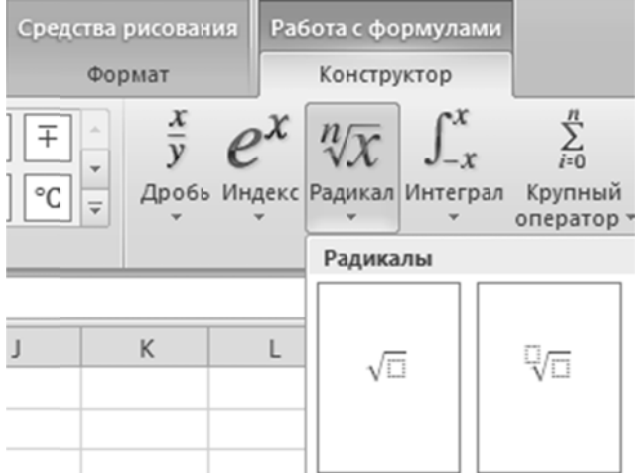
#### Операции по реорганизации электронной таблицы в документ MS Excel

№ п/п	Операция	Действия пользователя «Редактирование электронных таблиц»
1	2	3
1	Вставить новые строки 1-4	Щелкнуть на заголовке строки 1 и перетащить указатель мыши по заголовкам, выделяя все строки 1-4. Щелкнуть правой кнопкой мыши в выделенной области и в контекстном меню выбрать пункт «Вставить»
2	Ввести текст в новые строки 1 и 2	Выделить ячейку A1. Ввести – «Пример 1 (Линейный алгоритм). Вычислить по формулам наиболее вероятную скорость (3) и среднюю скорость (4)». Выделить ячейку A3. Ввести – «молекул газа с молярной массой $M$ при температуре $T$ в системе единиц СИ»
3	Ввести текст в строку 4	Выделить A4. Ввести – «Ввод исходных данных»
4	Вставить новые ячейки в диапазон A5:B7 «со сдвигом вправо»	Щелкнуть на ячейке A5 и перетащить указатель мыши до ячейки B7, выделяя диапазон. В контекстном меню выбрать пункт «Вставить». В окне «Добавление ячеек» выбрать пункт «ячейки, со сдвигом вправо» 

1	2	3
5	Объединить ячейки в строках диапазона A5:B7	<p>Выделить диапазон A5:B5, щелкнуть на кнопке (в правом нижнем углу) группы</p>  <p><i>Выравнивание</i> вкладки <i>Главная</i> Ленты, откроется окно <i>Формат ячеек</i>, в разделе <i>Отображение</i> установить флажок «объединение ячеек», щелкнуть на кнопке <i>ОК</i>. Подвести указатель мыши к правому нижнему углу ячейки B5 (примет форму «+»), протащить его до ячейки B7</p>
6	Ввести текст в ячейки A5:A7. Выровнять текст «по правому краю»	<p>Ячейка A5 – «<math>R</math>, Эрг/(К·моль)=»</p> <p>Ячейка A6 – «<math>T</math> °C=».</p> <p>Ячейка A7 – «<math>M(N_2)</math> г/моль=».</p>  <p>Выделить диапазон A5:A7, щелкнуть на кнопке <i>Выровнять текст по правому краю</i> в группе <i>Выравнивание</i></p>
7	Числа в ячейках C5:C7 выровнять «по левому краю»	<p>Выделить диапазон C5:C7, щелкнуть на кнопке <i>Выровнять текст по левому краю</i> в группе <i>Выравнивание</i></p>
8	Ввести текст в строку 9	Выделить A9. Ввести – «Коэффициенты преобразования физических величин в систему единиц СИ»
9	Ввести текст в ячейки A10:A12. Выровнять текст «по правому краю»	<p>Ячейка A10 – «<math>K_R</math>=».</p> <p>Ячейка A11 – «<math>K_T</math>=».</p> <p>Ячейка A12 – «<math>K_M</math>=».</p> <p>Выравнивание текста (см. п.6)</p>

1	2	3
10	Ввести текст в строки 14 и 15	Выделить A14. Ввести – «Данные вычислений». Выделить A15. Ввести – «Преобразование физических величин из внесистемных единиц в систему СИ»
11	Переместить диапазон значений D5:D7 в область B10:B12. Выровнять текст «по левому краю»	Выделить диапазон D5:D7, установить указатель мыши на одну из границ выделенной области – появится стрелка с маленьким крестиком на конце. Удерживая кнопку мыши, перетащить выделенную область D5:D7 в область B10:B12. Выравнивание текста (см. п. 6)
12	Ввести текст в ячейки A16:A18. Выровнять текст «по правому краю»	Ячейка A16 – « $R=$ ». Ячейка A17 – « $T=$ ». Ячейка A18 – « $M=$ ». Выравнивание текста (см. п.6)
13	Переместить диапазон значений E5:E7 в область B16:B18. Выровнять текст «по левому краю»	Перемещение диапазона значений (см. п. 10). Выравнивание текста (см. п.6)
14	Ввести текст в строки 19 и 23	Выделить A19. Ввести – «Вычисление наиболее вероятной скорости». Выделить A23. Ввести – «Вычисление средней скорости»
15	Переместить ячейку F1 в C21, а ячейку F2 в C25	Перемещение ячеек (см. п. 11)



1	2	3
16	Выполнить форматирование строк 2 и 3	Удерживая нажатой клавишу <Shift>, щелкнуть ячейки A1, A2. Изменить внешний вид содержимого ячеек: шрифт Times New Roman, размер шрифта 12
17	Добавить формулы в строки 21 и 25	<p>Выделить ячейку A21. Щелкнуть на кнопке <i>Вставить формулу</i> в группе <i>Символы</i> на вкладке <i>Вставка</i> Ленты. Появится окно <i>Место для ввода формулы</i>, Вкладка <i>Вставка</i> заменится</p>   <p>вкладкой <i>Средства рисования</i> с контекстной вкладкой <i>Работа с формулами</i>. Выбрать кнопку <i>Радикал</i>, в раскрывающейся коллекции выбрать форму записи и ввести символы <math>V_B = \sqrt{2RT/M}</math>. Выделить ячейку A25. Повторить действия для вставки формулы <math>V_C = 2V_B/\sqrt{\pi}</math></p>

1	2	3
18	Выполнить форматирование строк 1,4,14	Выделить ячейки. Удерживая нажатой клавишу <Ctrl>, щелкнуть ячейки A1,A4,A14. Изменить внешний вид содержимого ячеек: шрифт Times New Roman, размер 12, начертание – полужирный. Воспользоваться параметрами, группы <i>Шрифт</i> вкладки <i>Главная</i> Ленты
19	Выполнить форматирование строк 9,15,19 23	Выделить ячейки. Изменить внешний вид содержимого ячеек: шрифт Times New Roman, размер шрифта 12, начертание <i>курсив</i> (см. п. 18)

## 4.2. Циклические алгоритмы

### 4.2.1. Понятия цикл, тело цикла, параметр цикла

Многовариантные расчеты выполняются по одним и тем же математическим зависимостям для различных значений входящих в них переменных величин. Многократно повторяемые фрагменты вычислительного процесса называют *циклами*. Совокупность действий, которая многократно выполняется в цикле, называется *телом цикла* (может состоять из простого или составного оператора) Переменная величина, значение которой изменяется и контролируется в цикле, называется *параметром цикла*.

Для организации цикла необходимо перед циклом задать начальное значение переменной цикла. Затем в теле цикла многократно повторить следующие действия:

- изменять переменную цикла перед каждым новым повторением цикла;
- проверять условие окончания или повторения цикла;
- управлять циклом, т. е. переходить к началу тела цикла или выходить из цикла.

#### 4.2.2. Основные варианты базовой структуры «цикл»

Базовая структура «цикл» существует в следующих основных вариантах (табл. 9).

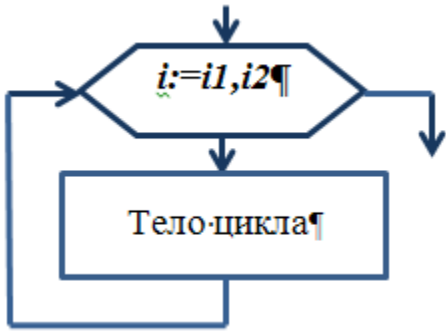
1. Цикл «для» – тело цикла выполняется для значений параметра цикла (индекса  $i$ , принимающего целые значения) заданное число раз  $n$ , которое известно до начала выполнения цикла и реализуется с помощью счетчика цикла, значение которого изменяются в заданном диапазоне ( $i_1, i_2$ ) с шагом 1. Значение  $n$  определяется по формуле  $n=(i_2-i_1)+1$ .

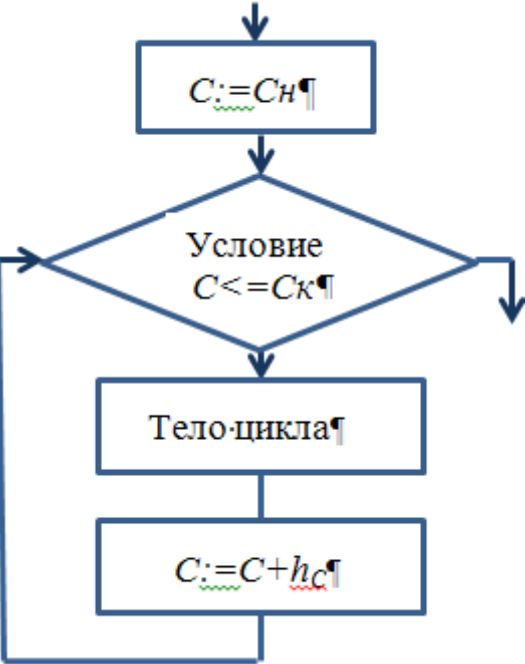
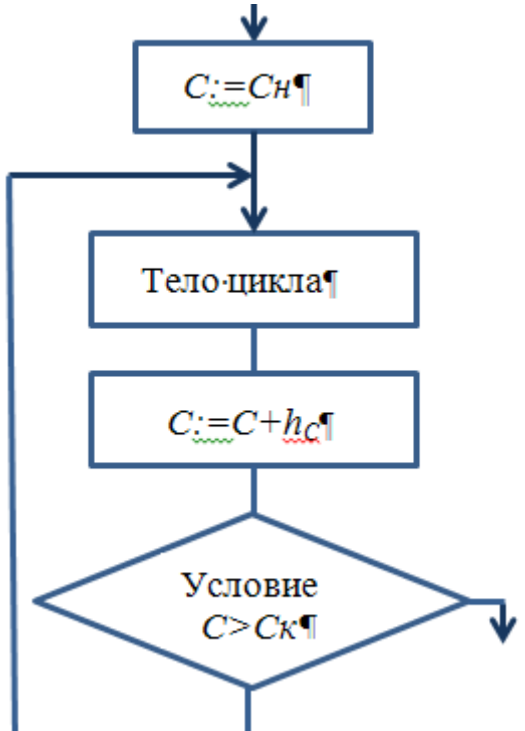
2. Цикл «с предусловием» – тело цикла расположено после проверки условия; действия в теле цикла повторяются, пока условие выполняется (условие повторения цикла); цикл завершается, когда условие не выполняется.

3. Цикл «с постусловием» – тело цикла расположено перед проверкой условия; действия в теле цикла следует повторять, до тех пор, пока условие не выполняется (условие выхода из цикла); цикл завершается, когда условие выполняется.

Таблица. 9

Варианты базовой структуры «цикл»

Блок-схема алгоритма	Оператор языка Pascal
1	2
	<p>Цикл «для»</p> <p>FOR &lt;параметр цикла&gt; = &lt;начальное значение&gt; TO &lt;конечное значение&gt; DO &lt;тело цикла&gt;, где параметр цикла <math>i</math> может принимать только целочисленные значения; шаг изменения параметра цикла равен 1; начальное <math>i_1</math> и конечное <math>i_2</math> значения параметра цикла могут быть записаны константами или выражениями; тело цикла – произвольный оператор</p>

1	2
 <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; Init[C := Cн]     Init --&gt; Cond{Условие C ≤ Cк}     Cond --&gt; Body[Тело-цикла]     Body --&gt; Inc[C := C + hс]     Inc --&gt; Cond     Cond --&gt; Exit(( ))   </pre>	<p><i>Цикл «с предусловием»</i></p> <p>WHILE &lt;условие продолжения цикла&gt; DO &lt;тело цикла&gt;. До входа в цикл переменной цикла присваивается начальное значение <math>C := C_n</math> и проверяется условие повторения цикла, которое представляет собой логическое выражение <math>C \leq C_k</math>.</p> <p>Если условие выполняется (логическое выражение принимает значения ИСТИННО), то выполнение тела цикла повторяется.</p> <p>Если логическое условие не выполняется (логическое выражение принимает значение ЛОЖНО), выполняется выход из цикла. Значение переменной цикла <math>C</math> должно изменяться в цикле (<math>C := C + h_c</math>). Тело цикла – произвольный оператор</p>
 <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; Init[C := Cн]     Init --&gt; Body[Тело-цикла]     Body --&gt; Inc[C := C + hс]     Inc --&gt; Cond{Условие C &gt; Cк}     Cond --&gt; Exit(( ))     Cond --&gt; Init   </pre>	<p><i>Цикл «с постусловием»</i></p> <p>REPEAT &lt;тело цикла&gt; UNTIL &lt;условие выхода из цикла&gt;, До входа в цикл переменной цикла присваивается начальное значение <math>C := C_n</math>. Тело цикла (произвольный оператор) выполняется хотя бы один раз. Условие выхода из цикла представляет собой логическое выражение <math>C &gt; C_k</math>, которое принимает значение ЛОЖНО, если условие не выполняется, и выполнение тела цикла повторяется. Логическое выражение принимает значение ИСТИННО, если условие выполняется. Значение переменной цикла <math>C</math> изменяется в цикле (<math>C := C + h_c</math>)</p>

### 4.2.3. Вычисление таблицы значений функции (пример 2)

*Постановка задачи «Вычисление таблицы значений функции». Формулы для вычислений*

Вычислить таблицу значений функции распределения  $F(V)$  молекул газа с молярной массой  $M$  при температуре  $T$  для значений скорости  $V$  в интервале  $(V_n; V_k)$  с шагом  $h_v$  в системе единиц СИ по формуле (2). Создать *графическое представление числовых данных* таблицы значений  $F(V)$  в виде *диаграммы* (см. рис. 1).

Исходные данные для Примера 2 приведены в табл. 10. Принять  $V_n=0$ ,  $V_k=900$  м/с,  $(V_k > V_n)$ ,  $h_v=100$ .

Преобразуем формулу (2) для вычисления  $F(V)$ , исключив повторяющиеся действия. Введем промежуточную переменную  $Z$ , значение которой определяется по формуле

$$Z = \frac{M}{2RT}. \quad (19)$$

Введем промежуточную переменную  $Z$ . Подставим переменную  $Z$  в уравнение (2) получим формулу для вычисления  $F(V)$ :

$$F(V) = 4V^2 Z \sqrt{\frac{Z}{\pi}} \exp(-ZV^2). \quad (20)$$

Таблица 10

Исходные данные для примера 2

Исходные данные	Обозначения, размерность в системе СИ
$R = 8,3144$	$R$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К)
$T=298$ К	$T$ – абсолютная температура газа, К
$M(N_2)=0,028$ кг/моль	$M$ – молярная масса молекул газа азота, численно равная молекулярной массе, кг/моль
$V_n=0$ м/с	$V_n$ – начальная скорость молекул газа
$V_k=900$ м/с	$V_k$ – конечная скорость молекул газа
$h_v=100$ м/с	$h_v$ – шаг изменения скорости

### *Алгоритм решения задачи «Вычисление таблицы значений функции»*

Задача вычисления таблицы функции распределения  $F(V)$  для различных значений скорости молекул газа  $V$  (*задача табулирования функции*) представляет собой многовариантные расчеты, которые выполняются по одной и той же математической зависимости (20) для различных значений входящей в нее переменной величины  $V$ . Алгоритм решения подобных задач относится к *циклическим* алгоритмам, варианты базовой структуры которых приведены в табл. 9.

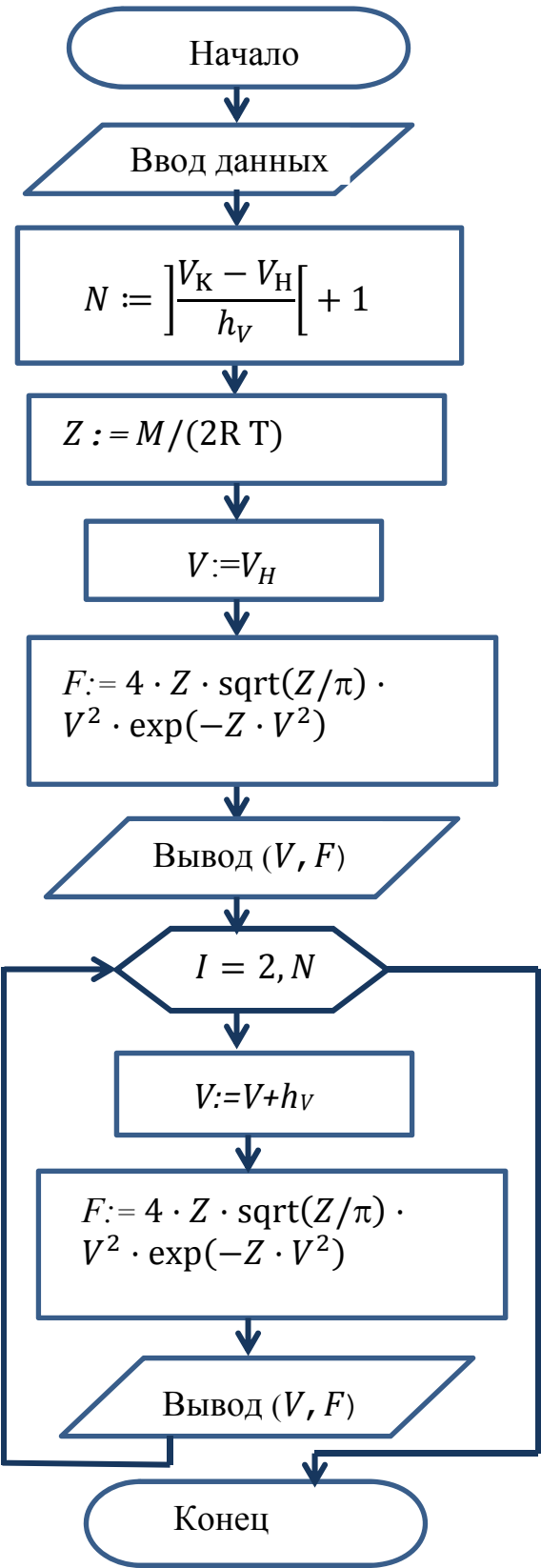
Формализованные описания алгоритма решения задачи табулирования на основе варианта «Цикл для» графическим способом (на языке блок-схем) и программным способом (на языке Pascal), с учетом особенностей вычислений в технологии электронных таблиц, приведены в табл. 11.

Параметром цикла является переменная  $I$ , которая принимает значения от 1 до  $N$  с шагом 1. Количество повторений цикла  $N$  вычислено до начала цикла с использованием функции выделения целой части числа  $\text{trunc}$ . Переменная  $V$  изменяет свое значение в теле цикла. До начала цикла выполняется вычисление величины  $Z$  по формуле (19) и переменной  $V$  присваивается начальное значение с помощью оператора присваивания  $V := VN$ . При входе в первый цикл параметру цикла  $I$  оператором FOR присваивается начальное значение, равное 1.

Тело цикла представляет собой составной оператор, заключенный в операторные скобки BEGIN-END. Тело цикла включает в себя операторы вычисления значения  $F(V)$  для текущего значения переменной  $V$ , вывод значений  $V$  и  $F(V)$  на экран и вычисление значения переменной  $V = V + HV$  для следующего повторения цикла.

При переходе к оператору FOR для следующего повторения цикла параметр цикла  $I$  увеличивается на 1 и проверяется *условие продолжения цикла*  $I \leq N$ . Если условие выполняется, то цикл повторяется. Если условие не выполняется ( $I > N$ ), то оператор FOR организует выход из цикла на конец алгоритма.

Таблица 11

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Pascal
 <pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; NCalc["N := ⌊(VK - VH) / hV⌋ + 1"]     NCalc --&gt; ZCalc["Z := M / (2R T)"]     ZCalc --&gt; VInit["V := VH"]     VInit --&gt; FCalc["F := 4 · Z · sqrt(Z/π) · V² · exp(-Z · V²)"]     FCalc --&gt; Out1[/Вывод (V, F)/]     Out1 --&gt; LoopCond{"I = 2, N"}     LoopCond -- Yes --&gt; VInc["V := V + hV"]     VInc --&gt; FCalc2["F := 4 · Z · sqrt(Z/π) · V² · exp(-Z · V²)"]     FCalc2 --&gt; Out2[/Вывод (V, F)/]     Out2 --&gt; LoopCond     LoopCond -- No --&gt; End([Конец]) </pre>	<pre> begin   ReadLn (R, T, M, VH, VK, HV) ;    N:=trunc ( (VK-VH) /HV) +1 ;    Z := M/(2RT) ;    V:=VH;    F:= 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * V^2 * exp(-Z     * V^2 );    WriteLn (V, F) ;    FOR I:=2 TO N DO   BEGIN     V:=V+HV;      F:= 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * V^2 *     exp(-Z * V^2 );      WriteLn (V, F)    END end. </pre>

В циклическом алгоритме вычисление переменной  $V$  выполняется по рекуррентной формуле  $V := V + HV$ , в которой вычисление результата непосредственно зависит от ее собственного значения. В электронных таблицах ссылки в формуле на собственное значение (прямо или косвенно) называют *циклическими*. Такая ссылка создает бесконечный цикл, требующий постоянного пересчета формулы – значение результата снова подставляется в формулу, что приводит к появлению нового результата. Циклические ссылки в электронных таблицах являются *неразрешимыми* и их следует удалять из *Рабочего листа*. Меры, при которых циклические ссылки могут быть разрешены с помощью средств поддержки *итеративных вычислений*, рассмотрены в источнике [2] и выходят за рамки данного пособия.

Циклических ссылок в алгоритме вычисления переменной  $V$  можно избежать, если использовать отдельные величины  $V_i$  для каждого значения переменной  $V$ . Ряд значений  $V_i$  образуют числовую последовательность, которая описывается формулой *арифметической прогрессии*

$$V_1 = V_n; V_i = V_{i-1} + h_v, \text{ где } i = 2, 3, \dots, 10. \quad (21)$$

Каждая из величин  $V_i$  вычисляется в отдельной ячейке электронной таблицы. Группа смежных ячеек представлена *диапазоном значений*. При работе с отдельными ячейками *диапазона значений* необходимо ввести формулу вычислений в каждую ячейку диапазона.

*Электронная таблица решения задачи «Вычисление таблицы значений функции»*

Электронные таблицы решения задачи (пример 2) приведены на рис. 16, 17.

Электронная таблица вычисления ряда значений величины  $V$  на интервале  $(0; 900)$  по формуле арифметической прогрессии (21) представлена на рис. 16.



Планирование электронной таблицы приведено в табл. 12.

D2		fx =D1+B\$2			
	A	B	C	D	E
1	8,3144	0	5,648E-06	0	0
2	298,15	100	10	100	0,000286
3	0,028	900		200	0,000967
4				300	0,00164
5				400	0,001963
6				500	0,001845
7				600	0,001428
8				700	0,000932
9				800	0,000522
10				900	0,000253

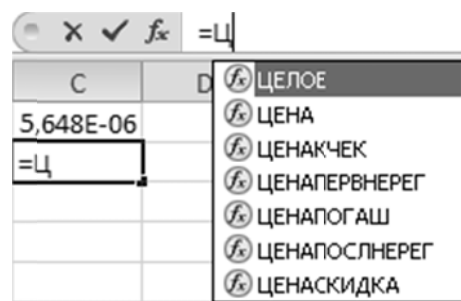
Рис. 16. Электронная таблица вычисления таблицы функции распределения

Для создания электронной таблицы необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести в ячейки: B1 значение 0 (начальное значение  $V_1$ ); в B2 значение 900 (конечное значение  $V_k$ ); в B3 значение 100 (шаг  $h_V$ ).
2. В ячейку D1 ввести формулу =B1, чтобы скопировать начальное значение  $V_1$ .
3. Вычислить размер диапазона для представления в таблице ряда значений величин  $V$ . Выделить ячейку C2 и ввести формулу  

$$=\text{ЦЕЛОЕ}((B2-B1)/B3).$$

4. Ввод имени встроенной функции ЦЕЛОЕ произвести с помощью средства *Автозавершение формул*: установить курсор на ячейке C2, щелкнув мышью; ввести знак «=»; ввести первый символ имени функции «Ц» – под ячейкой появится раскрывающийся список; выбрать элемент «ЦЕЛОЕ» из списка, дважды щелкнув на нем. Продолжить вводить формулу путем выделения ячеек, щелкнув на них мышью (*автоматическим способом*). Чтобы завершить ввод формулы, нажать клавишу <Enter>.



## Планирование электронной таблицы

№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке в формате <i>Общий</i>
1	$R$	A1	8,3144	8,3144
2	$T$	A2	298,15	298,15
3	$M(N_2)$	A3	0,028	0,028
4	$V_H$	B1	0	0
5	$V_K$	B2	900	900
6	$h_\nu$	B3	100	100
	$Z=M/(2RT)$	C1	=A3/(2*A1*A2)	5,64E-06. В формате числа увеличить разрядность до вида 5,648E-06 (см. табл.7)
7	$N$	C2	=ЦЕЛОЕ((B2-B1)/B3)	Функция ЦЕЛОЕ (аргумент) возвращает округленное до ближайшего целого значение аргумента 10
8	$V_1$	D1	=B1	0
9	$V_2$	D2	=D1+B\$3	100
	$V_{10}$	D2	=D9+B\$3	900
10	$F(V_1)$	E1	см. (21)	0
	$F(V_{10})$	E10	=4*D10^2*C\$1* КОРЕНЬ(C\$1/ПИ())* EXP(-C\$1*D10^2)	0,000253

5. Выделить диапазон D2:D10 (щелкнуть ячейку D2, удерживая нажатой клавишу <Shift>, щелкнуть ячейку D10) и в ячейку D2 ввести формулу  $=D1+B\$3$  (автоматическим способом, см. п. 4) для вычисления  $V_2$  ( $V_2 = V_1 + h_v$ ) (см. рис. 16).
6. Выполнить копирование формулы в ячейке D2 на диапазон D2:D10 (удерживая клавишу <Ctrl>, нажать клавишу <Enter>) для автоматического ввода формул в ячейки диапазона с учетом действия механизма относительной адресации при копировании формулы.

Электронная таблица для вычисления ряда значений функции распределения по формуле (19) представлена на рис. 17.

E1		fx		=4*D1^2*C\$1*КОРЕНЬ(C\$1/ПИ())*EXP(-C\$1*D1^2)					
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	8,3144	0	5,648E-06	0	0				
2	298,15	100	10	100	0,000286				
3	0,028	900		200	0,000967				
4				300	0,00164				
5				400	0,001963				
6				500	0,001845				
7				600	0,001428				
8				700	0,000932				
9				800	0,000522				
10				900	0,000253				

Рис. 17. Электронная таблица для вычисления ряда значений функции распределения по формуле (19)

Для создания электронной таблицы (рис. 17) необходимо выполнить следующие действия:

- Выделить диапазон E1:E10 (щелкнуть ячейку E1, удерживая нажатой клавишу <Shift>, щелкнуть ячейку E10);
- В ячейку E1 ввести формулу (22) с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции ЦЕЛОЕ в ячейку C2) и *автоматического ввода* адресных ссылок с помощью мыши.

$$=4*D1^2*C$1*КОРЕНЬ(C$1/ПИ())*EXP(-C$1*D1^2) \quad (22)$$

- Выполнить копирование формулы в ячейке E1 на диапазон E1:E10 (удерживая клавишу <Ctrl>, нажать клавишу <Enter>).

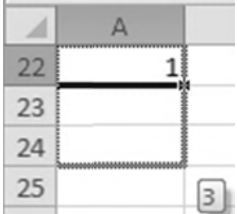
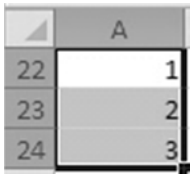

### Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel

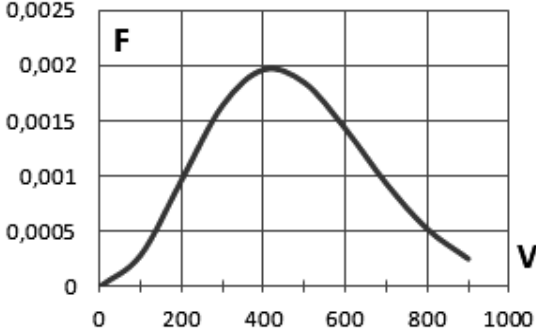
Для реорганизации информации в созданной электронной таблице (рис. 16), придания ей формы в соответствии с макетом выходного документа MS Excel (прил. 2) необходимо выполнить следующие операции (табл. 13).

Таблица 13

№ п/п	Операция	Действия пользователя «Редактирование электронных таблиц»
1	2	3
1	Вставить новые строки 1-9	См. п. 1, табл. 8 (пример 1)
2	Ввести текст в новые строки 1-5	См. п. 1, табл. 8. Ввести в ячейки: A1 – «Пример 2 Вычисление таблицы значений функции (Циклический алгоритм); A2 – «Вычислить таблицу значений функции распределения $F(V)$ молекул газа»; A3 – «с молярной массой $M$ при температуре $T$ для значений скорости $V$ »; A4 – «в интервале $(V_H, V_K)$ с шагом $h_V$ по формуле (20) в системе единиц СИ»; A5 – «Создать графическое представление данных таблицы в виде диаграммы»
3	Ввести формулы в строки 6-8	$F(V) = 4V^2 Z \sqrt{\frac{Z}{\pi}} \exp(-ZV^2). \quad (20)$ <p>где <math>Z = \frac{M}{2RT}</math>.</p> <p>Ввод формул (см. п. 15, табл. 8)</p>
4	Вести текста в строки 9,13,17, 18, 20.	См. п. 1, 3, табл. 8. Ввести в ячейки: A9 – «Ввод исходных данных»; A13 – «Скорость молекул газа, м/с»; A17 – «Размер диапазона $N$ »; A18 – «Скорость молекул газа м/с»; A20 – «Таблица значений функции $F(V)$ »

1	2	3
5	Вставить новые ячейки в диапазон A10:B12 «со сдвигом вправо». Объединить ячейки в строках диапазона	См. п. 4, 5, табл. 8
6	Ввести текст в ячейки A10:A12. Выровнять текст «по правому краю»	См. п. 6, табл. 8. Ввести в ячейки: A10 – « $R$ , Дж/(к моль)=»; A11 – « $T$ , К=»; A12 – « $M(N_2)$ , кг/моль=»
7	Числа в ячейках C10:C12 выровнять «по левому краю»	См. п.7, табл. 8 (прил.1)
8	Ввести текст в ячейки B14:B16, B19 и E17 и выровнять текст «по правому краю»	См. п.9, табл. 8. Ввести в ячейки: B14 – « $V_H$ =»; B15 – « $h_V$ =»; B16 – « $V_K$ =»; B19 – « $Z$ =»; E17 – « $N$ =»
9	Переместить диапазон значений D10:D12 в область C14:C16, ячейку E11 в C19, а ячейку E12 в F17. Выровнять текст «по левому краю»	См. п. 10, табл. 8
10	Ввести текст в ячейки A21,B21,C21. Выровнять текст «по центру»	См. п. 9, табл. 8. Ввести в ячейки: A21 – «№п/п»; B21 – « $V$ »; C21 – « $F(V)$ »
11	Переместить диапазон значений F10:G19 в область B22:C31. Выровнять текст «по левому краю»	См. п. 10, табл. 8

1	2	3
12	Выполнить форматирование строк 1,9,13,17,18,20	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 17, табл. 8
13	Выполнить форматирование строк 2-5	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 18, табл. 8
14	Заполнить диапазон ячеек A22:A31 последовательностью чисел от 1 до 10	<p>Использовать функцию <i>Автозаполнения</i> MS Excel. При наведении указателя на маркер автозаполнения в правом нижнем углу рамки активной ячейки изменится форма указателя – примет вид тонкого черного крестика. При перетаскивании маркера, удерживая нажатой клавишу &lt;Ctrl&gt;, изменяется содержимое экранной подсказки и MS Excel помещает в ячейки таблицы последовательные числовые значения от 1 до 10</p>  
15	Добавить границы для таблицы данных (диапазон A21:C31)	<p>Выделить диапазон A22:C31, вызвать диалоговое окно <i>Формат ячеек</i>; на вкладке <i>Граница</i> (рис. 15) выбрать <i>тип линии</i> и задать их местоположение.</p>  <p>Выделить диапазон A21:C21 выбрать <i>тип линии</i> (большей толщины) и задать кнопками их местоположение. Убрать с экрана <i>Сетку</i> (см. п. 5.3.3), чтобы добавленные границы были более четко видны на экране и бланке документа</p>

1	2	3
16	Создать диаграмму	Выбрать диапазон значений B21:C31. Выбрать на вкладке <i>Вставка</i> Ленты в группе <i>Диаграммы</i> тип – <i>Точечная</i> , подтип – <i>Точечная с гладкими краями</i> . Выбрать в коллекции <i>Макеты диаграмм</i> общий стиль расположения элементов <i>Макет 1</i>
17	Отформатировать элементы диаграммы (см. рис)	<p style="text-align: center;"><b>Зависимость F(V)</b></p>  <p>Щелкнуть на элементе <i>Название диаграммы</i> и изменить текст внутри ее – «Зависимость <math>F(V)</math>». Щелкнуть на элементах <i>Название оси</i> (вертикальной и горизонтальной) и изменить текст: «<math>F</math>» и «<math>V</math>». Переместить названия осей в конец оси, как показано на диаграмме (см. Прил. 2). Щелкнуть правой кнопкой мыши по оси <math>V</math>, в контекстном меню выбрать пункт <i>Формат оси</i>, в открывшемся диалоговом окне на вкладке <i>Параметры</i> оси установить: <i>цена промежуточных делений</i> – <i>фиксированное</i> – 100,0; <i>Промежуточные (деления) – пересекают ось</i>. Вернуться в контекстное меню и выбрать пункт <i>Формат основных линий сетки</i>, в открывшемся диалоговом окне включить кнопку <i>Сплошная линия</i></p>

#### 4.2.4. Вычисление площади криволинейной трапеции (пример 3)

*Постановка задачи «Вычисление площади криволинейной трапеции».*

*Формулы для вычислений*

Вычислить относительное количество молекул газа с молярной массой  $M$  при постоянной температуре  $T$ , скорости которых лежат в интервале от  $V_n$  до  $V_n + \Delta V$ . Исходные данные для параметров  $T$  и  $M$ , а также значение  $R$  приведены в табл. 10. Принять  $V_n = 415$  м/с,  $\Delta V = 10$  м/с.

Относительное количество молекул газа  $\Delta N/N$ , скорости которых лежат в интервале конечной длины от  $V_n$  до  $V_n + \Delta V$ , численно равно площади  $S$  криволинейной трапеции (см. п. 1.3.2, рис. 6), образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x = V_n$  и  $x = V_n + \Delta V$ . Создать *графическое представление* криволинейной трапеции в виде рисованного графического объекта – *диаграммы MS Excel*.

Определенный интеграл определяет площадь  $S$  криволинейной трапеции.

$$S = \frac{\Delta N}{N} = \int_{V_n}^{V_n + \Delta V} F(V) dV.$$

Для решения задачи требуется вычислить значение определенного интеграла неотрицательной функции  $F(V)$  на отрезке  $[V_n, V_n + \Delta V]$ . Для вычисления приближенного значения определенного интеграла применить *формулу прямоугольников* (см. п. 1.4.2).

По методу прямоугольников отрезок  $[V_n, V_n + \Delta V]$  делится на  $n$  равных отрезков длиной  $\Delta v = \Delta V/n$ . Концы отрезков разбиения  $\Delta v$  обозначим  $(V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n)$ . Ряд значений  $V_i$  образуют числовую последовательность, которая описывается формулой арифметической прогрессии (21) (см. пример 2).

$$V_0 = V_n; V_i = V_{i-1} + \Delta v,$$

где  $\Delta v = \Delta V/n$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Подставив значения  $(V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n)$  в выражение для функции  $F(V)$ , получим ряд значений  $(F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n)$  по формулам (19) и (20). Ряд



значений  $F_i$  также образуют числовую последовательность (см. пример 2).

Каждая из величин  $V_i$  и  $F_i$  вычисляется в *отдельных ячейках электронной таблицы*, которые представлены *диапазоном значений*. При работе с отдельными ячейками *диапазона значений* формулы вычислений  $V_i$  и  $F_i$  нужно ввести в каждую ячейку диапазона.

Составив суммы произведений  $(F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n)$  на  $\Delta v$ , получим *формулы прямоугольников*, которые выражают площадь ступенчатой фигуры (рис. 7), составленной из площадей «левых» (23) или «правых» (24) прямоугольников с определенной методической погрешностью:

$$ST_1 = \Delta v(F_0 + F_1 + \dots + F_{n-1}) = \Delta v \sum_{i=0}^{n-1} F_i ; \quad (23)$$

$$ST_2 = \Delta v(F_1 + F_2 + \dots + F_n) = \Delta v \sum_{i=1}^n F_i. \quad (24)$$

Вычислить полусумму (25) найденных значений по формулам (23) и (24), чтобы достигнуть априорно большую точность вычисления определенного интеграла

$$ST = (ST_1 + ST_2) / 2. \quad (25)$$

Для вычисления значения определенного интеграла по формулам прямоугольников (23), (24), (25) в *электронных таблицах* можно применить один из следующих алгоритмов вычислений.

1. *Накопление суммы значений функции*  $(F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n)$  с применением простой операции «сложение».
2. Вычисление суммы значений функции  $(F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n)$  с применением *встроенной функции СУММ* (*диапазон числовых значений*  $F(V)$ ).
3. Использование *формулы массива* на основе встроенной функции СУММ, у которой аргумент представляет собой формулу массива значений функции  $F(V)$  для массива значений  $(V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n)$ .

*Алгоритм вычисления площади криволинейной трапеции по формуле прямоугольников с «накоплением суммы»*

Формализованное описание алгоритма вычисления площади криволинейной трапеции по формуле прямоугольников (23) с «накоплением суммы» значений функции  $F(F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n)$  (26) на основе базового варианта «Цикл для» графическим способом (на языке блок-схем) и программным способом (на языке Pascal) приведено в табл.14. В алгоритме учтены особенности вычислений в технологии электронных таблиц.

$$S = \sum_{i=0}^{n-1} F_i = F_0 + F_1 + \dots + F_{n-1}. \quad (26)$$

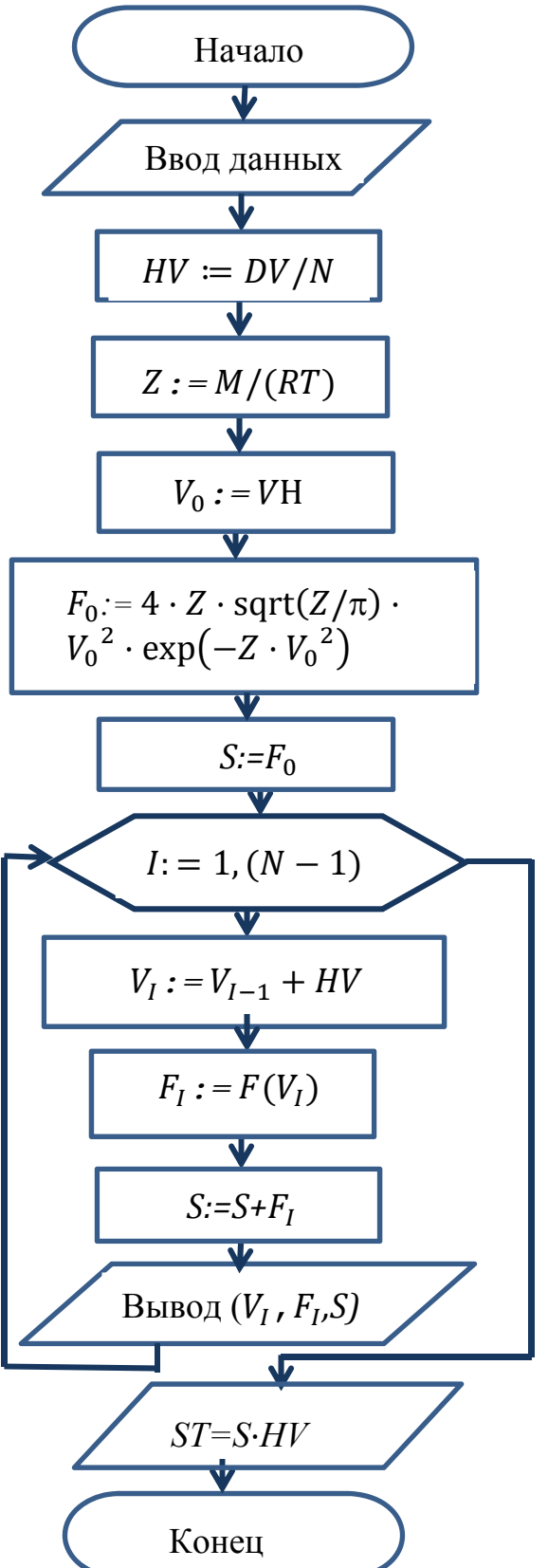
Параметром цикла является переменная  $i$ , которая принимает значения от 0 до  $(n-1)$  с шагом 1 для формулы «левых прямоугольников» (23) или от 1 до  $n$  для формулы «правых» прямоугольников (24).

До начала цикла выполняются следующие действия:

1. Ввод значений исходных данных  $R, T, M, VH, DV, N$ .
2. Вычисление величины  $HV(\Delta v)$ .
3. Вычисление величины  $Z$  по формуле (19).
4. Присвоение переменной  $V$  начального значения с помощью оператора присваивания  $V_0 := VH$ .
5. Вычисление значения  $F_0$ .
6. Присвоение переменной  $S$  начального значения  $S := F_0$ .
7. Вывод  $V_0, F_0$  и  $S$ .

При входе в первый цикл параметру цикла  $I$  оператором FOR присваивается начальное значение, равное 1.

Тело цикла представляет собой составной оператор, заключенный в операторные скобки BEGIN-END. Тело цикла включает в себя операторы: вычисление значения переменной  $V_i = V_{i-1} + HV$ ; вычисления значения  $F_i$  для текущего значения переменной  $V_i$ , накопление суммы: к предыдущему значению суммы  $S$  прибавляется значение нового элемента  $F_i$  ( $S := S + F_i$ ); вывод значений  $V_i, F_i$  и  $S$  на экран.

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Pascal
 <pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; HV[HV := DV/N]     HV --&gt; Z[Z := M/(RT)]     Z --&gt; V0[V0 := VH]     V0 --&gt; F0["F0 := 4 * Z * sqrt(Z/pi) * V0^2 * exp(-Z * V0^2)"]     F0 --&gt; S["S := F0"]     S --&gt; LoopStart{I := 1, (N - 1)}     LoopStart --&gt; VI["VI := VI-1 + HV"]     VI --&gt; FI["FI := F(VI)"]     FI --&gt; Splus["S := S + FI"]     Splus --&gt; Output[/Вывод (VI, FI, S)/]     Output --&gt; LoopStart     Output --&gt; ST["ST = S * HV"]     ST --&gt; End([Конец]) </pre>	<pre> begin   ReadLn (R, T, M, DV, VH, N) ;    HV:=DV/N;    Z:=M/(2RT);    V0:=VH;    F0 := 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * V0^2 * exp(-Z * V0^2);    S:=F0;    FOR I:=1 TO N-1 DO     BEGIN       VI:=VI-1+HV;        FI:= 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * VI^2 * exp(-Z * VI^2);        S := S + FI;        WriteLn (VI, FI, S)     END;      WriteLn (ST)    end. </pre>

При переходе к оператору FOR для следующего повторения цикла параметр цикла  $I$  увеличивается на 1 и проверяется условие продолжения цикла  $I \leq (n-1)$ . Если условие выполняется, то цикл повторяется. Если условие не выполняется ( $I > (n-1)$ ), то оператор FOR организует выход из цикла. После завершения цикла вычисляется и выводится значение величины площади  $ST := S * HV$ .

*Электронная таблица вычисления площади криволинейной трапеции по формуле прямоугольников с накоплением суммы*

Электронная таблица, в которой вычисляется значение площади криволинейной трапеции по формуле (23), представлена на рис. 18. Количество повторений цикла  $n$  задано равным 10.

D2		fx		=D1+C2
	A	B	C	D
1	8,3144	415	0,00197222	0,00197222
2	298,15	416	0,00197246	0,00394469
3	0,028	417	0,00197265	0,00591734
4	415	418	0,0019728	0,00789014
5	10	419	0,0019729	0,00986305
6	10	420	0,00197296	0,01183601
7	1	421	0,00197297	0,01380898
8	5,64758E-06	422	0,00197294	0,01578193
9		423	0,00197287	0,01775479
10		424	0,00197275	0,01972754
11		425	0,00197258	

Рис. 18. Электронная таблица вычисления площади с накоплением суммы значений  $F(V_i)$

Планирование электронной таблицы приведено в табл. 15.

Для создания электронной таблицы (см. рис. 18) необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести числовые значения исходных данных  $R$ ,  $T$ ,  $M(N2)$ ,  $VH$ ,  $DV$ ,  $n$  в ячейки диапазона A1:A6, соответственно (см. рис. 18).
2. В ячейку A7 ввести формулу  $=A5/A6$  для вычисления значения  $HV$ , щелкнув на ячейках A5 и A6 мышью (автоматическим способом).
3. В ячейку A8 ввести формулу  $=A3/(2*A1*A2)$  (автоматическим способом) для вычисления значения величины  $Z$  по формуле (19).

## Планирование электронной таблицы

№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке в формате <i>Общий</i>
1	$R$	A1	8,3144	8,3144
2	$T$	A2	298,15	298,15
3	$M(N_2)$	A3	0,028	0,028
4	$V_H$	A4	415	415
5	$DV$	A5	10	10
6	$n$	A6	10	10
7	$HV = DV/n$	A7	=A5/A6	1
8	$Z := M/(2RT)$	A8	=A3/(2*A1*A2)	5,64E-06. В формате числа увеличить разрядность до вида 5,648E-06 (см. табл.7)
9	$V_0 := V_H$	B1	=A4	415
10	$V_1$	B2	=B1+A\$7	416
	$V_{10}$	B11	=B10+A\$7	425
11	$F_0$	C1	(см. (27))	0,00197222
	$F_{10}$	C11	=4*B10^2*A\$8* КОРЕНЬ(A\$8/ ПИ())*EXP(-A\$8 *B10^2)	0,00197258
12	$S := F_0$	D1	=C1	0,00197222
13	$S := S + F_1$	D2	=D1+C2	0,00394469
	$S := S + F_9$	D10	=D9+C10	0,01972754

4. В ячейку B1 ввести формулу  $=A1$ , чтобы скопировать значение  $V_0$ .
5. Выделить диапазон B2:B11 (щелкнуть ячейку B2, удерживая нажатой клавишу  $\langle \text{Shift} \rangle$ , щелкнуть ячейку B11) и в ячейку B2 ввести формулу  $=B1+A\$7$  (автоматическим способом) для вычисления  $V_1$  ( $V_1 = V_0 + HV$ ). Выполнить копирование формулы в ячейке B2 на диапазон B2:D11 для автоматического ввода формул для вычисления  $V_i$  ( $V_i = V_{i-1} + HV$ ) в ячейки диапазона с учетом действия механизма относительной адресации при копировании формулы (удерживая клавишу  $\langle \text{Ctrl} \rangle$ , нажать клавишу  $\langle \text{Enter} \rangle$ ).
6. Выделить диапазон C1:C11 В ячейку C1 ввести формулу (27) для вычисления  $F_0 = F(V_0)$  (20), с помощью средства Автозавершение формулы (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2) и ввода адресных ссылок с помощью мыши.

$$=4*B1^2*A\$8* \text{КОРЕНЬ}(A\$8/\text{ПИ}())*\text{EXP}(-A\$8*B1^2) . \quad (27)$$

7. Выполнить копирование формулы в ячейке C1 на диапазон C1:C11 для вычисления  $F_i = F(V_i)$  (см. п. 5).
8. В ячейку D1 ввести формулу  $=C1$ , чтобы присвоить начальное значение  $S := F_0$ .
9. Выделить диапазон D2:D10, в ячейку D2 ввести формулу  $=D1+C2$  (автоматическим способом) для вычисления суммы  $S := S + F_1$  (см. рис. 18). Выполнить копирование формулы в ячейке D2 на диапазон D2:D10 для накопления суммы  $S := S + F_i$  (см. п. 5). Значение накопленной суммы по формуле (26) представлено в ячейке D10 (0,01972754) (см. табл. 15).

*Алгоритм вычисления площади криволинейной трапеции с применением встроенной функции СУММ*

Формализованное описание алгоритма вычисления площади криволинейной трапеции по формулам прямоугольников (23), (24) и (25) на основе варианта «Цикл для» графическим и программным способами, в котором для вычисления суммы значений функции  $F$  ( $F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n$ ) по формуле (26) применена подпрограмма SUM, приведено в табл.16.

## Алгоритм вычисления площади криволинейной трапеции (способ 2)

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Pascal
<pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; HV[HV := DV/N]     HV --&gt; Z[Z := M/(2RT)]     Z --&gt; V0[V0 := VH]     V0 --&gt; F0["F0 := 4 * Z * sqrt(Z/π) * V0^2 * exp(-Z * V0^2)"]     F0 --&gt; Loop{I := 1, (N - 1)}     Loop --&gt; VI["VI := VI-1 + HV"]     VI --&gt; FI["FI := F(VI)"]     FI --&gt; Output[/Вывод(VI, FI)/]     Output --&gt; Loop     Output --&gt; ST["ST := HV * SUM(F0:F9)"]     ST --&gt; STOutput[/Вывод(ST)/]     STOutput --&gt; End([Конец]) </pre>	<pre> begin   ReadLn (R, T, M, DV, VH, N) ;    HV:=DV/N;    Z:=M/(2RT);    V0:=VH    F0 := 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * V0^2 * exp(-Z * V0^2);    FOR I:=1 TO N-1 DO     BEGIN       VI :=VI-1+HV;        FI:= 4 * Z * sqrt(Z/Pi) * VI^2 * exp(-Z * VI^2);        WriteLn (VI, FI)     END;   Процедура SUMвычисления суммы   элементов массива    WriteLn (ST)  end. </pre>

Полагаем, что подпрограмма SUM описывает алгоритм «накопления суммы» значений и помещена в библиотеку подпрограмм алгоритмического языка Pascal. При обращении к подпрограмме в алгоритме пользователя указывается ее имя SUM ( $F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n$ ) и список параметров, числовые значения которых вычисляются до обращения.

### Электронная таблица решения задачи с применением встроенной функции СУММ

Электронная таблица, в которой вычисляется значение площади криволинейной трапеции по формулам (23),(24) и (25) с применением встроенной функции СУММ MS Excel, представлена на рис. 19.

	C12		fx =A\$7*СУММ(C1:C10)		
	A	B	C	D	E
1	8,3144	415	0,00197222	0,00197222	
2	298,15	416	0,00197246	0,00394469	
3	0,028	417	0,00197265	0,00591734	
4	415	418	0,0019728	0,00789014	
5	10	419	0,0019729	0,00986305	
6	10	420	0,00197296	0,01183601	
7	1	421	0,00197297	0,01380898	
8	5,64758E-06	422	0,00197294	0,01578193	
9		423	0,00197287	0,01775479	
10		424	0,00197275	0,01972754	
11		425	0,00197258		
12		0,01972754	0,01972754		
13		0,0197279	0,0197279		
14			0,01972772		

Рис. 19. Электронная таблица вычисления площади с применением функции СУММ

Планирование электронной таблицы (рис. 19) приведено в табл. 17

Для создания электронной таблицы (рис. 19) (в дополнение к электронной таблице рис. 18) выполнить следующие действия.

1. В ячейку C12 ввести формулу =A\$7\*СУММ(C1:C10) для вычисления значения  $ST_1$  – площади «левых» прямоугольников по формуле (23) с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2) и ввода адресных ссылок диапазона C1:C10 с помощью мыши, удерживая клавишу <Shift>.



## Планирование электронной таблицы (дополнение табл. 15)

№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображени е в ячейке в формате <i>Общий</i>
1-8	$R, T, M(N_2), V_H, DV, N, HV, Z := M / (2RT)$	A1–A8	См. табл.15.	-
9- 10	$V_0 := V_H$ $V_1, \dots, V_{10}$	B1 B2–B11	См. табл.15.	-
11	$F_0, \dots, F_{10}$	C1–C11	См. табл.15.	-
12	$ST_1 := HV \cdot$ $СУММ(F_0, \dots, F_9)$	C12	=A\$7*СУММ(C1:C10), где C1:C10 – диапазон значений	0,01972754
13	$ST_2 := HV \cdot$ $СУММ(F_1, \dots, F_{10})$	C13	=A\$7*СУММ (C2:C11)	0,0197279
14	$ST := (ST_1 + ST_2) / 2$	C14	=(C12+C13)/2	0,01972772
15	$ST_1 := HV \cdot$ $СУММ(F_1, \dots, F_{10})$	B12	{=A\$7*СУММ(4* B1:B10^2*A\$8* КОРЕНЬ(A\$8/ПИ()))* EXP(-A\$8*B1:B10^2))}. Формула массива, в которой B1:B10 – диапазон массива	0,01972754
16	$ST_2 := HV \cdot$ $СУММ(F_1, \dots, F_{10})$	B13	{=A\$7*СУММ(4* B2:B11^2*A\$8* КОРЕНЬ(A\$8/ПИ()))* EXP(-A\$8*B1:B10^2))}. B2:B11 - диапазон массива	0,0197279

2. В ячейку C13 ввести формулу  $=A\$7*СУММ(C2:C11)$  для вычисления значения  $ST_2$  – площади «правых» прямоугольников по формуле (24) (см. ввод формулы п. 1). Для ввода формулы в ячейку C13 применить копирование формулы в ячейке C12. Для копирования формулы выделить ячейку C12, применить способ «протаскивание указателя мыши»: подвести указатель мыши к черному квадратику в правом нижнем углу ячейки C12, курсор примет вид «черного крестика», перетащить указатель мыши в ячейку C13. В результате копирования формула  $=A\$7*СУММ(C1:C10)$  будет преобразована в формулу  $=A\$7*СУММ(C2:C11)$  на основе действия механизма относительной адресации. В ячейку C13 будет возвращено значение  $ST_2=0,0197702$  (см. рис.19).
3. В ячейку C14 ввести формулу  $=(C12+C13)/2$  для вычисления значения  $ST$  – средней площади «левых» и «правых» прямоугольников по формуле (25).
4. Для вычисления значения  $ST_1$  – площади «левых» прямоугольников по формуле (23) в ячейку B12 ввести формулу массива

$$\{=A\$7*СУММ(4*B1:B10^2*A\$8*КОРЕНЬ(A\$8/ПИ())*EXP(-A\$8*B1:B10^2))\}, \quad (28)$$

в которой диапазон B1:B10 значений  $V_i$ , где  $i=0, 1, \dots, 9$  представлен в массивом значений. Для ввода формулы применить копирование формулы (27) в ячейке C1. Для копирования формулы применить способ копирования формулы в ячейке через строку формул: выделить ячейку C1, выделить формулу в строке формул, применив «протаскивание указателя мыши» по формуле, скопировать выделенную формулу в буфер обмена, нажав клавиши <Ctrl>+<C>, завершить копирование клавишей <Esc>. Для того чтобы вставить формулу в выделенную ячейку B12, установить курсор ввода в строке формул и нажать клавиши <Ctrl>+<V>. Выполнить редактирование адресации в формуле (27) с учетом замены B1 на диапазон B1:B10. Нажать комбинацию клавиш <Ctrl+Shift+Enter> для завершения создания формулы массива. MS Excel автоматически

заклучит формулу в фигурные скобки, выполнит вычисления для каждого элемента массива B1:B10 и возвратит значение 0,01972754 в ячейку B12 (см. рис. 19).

5. Для вычисления значения  $ST_2$  – площади «правых» прямоугольников по формуле (24) в ячейку B13 ввести формулу массива

$$\{=A\$7*СУММ(4*B2:B11^2*A\$8*КОРЕНЬ(A\$8/ПИ())*EXP(-A\$8*B2:B11^2))\}, \quad (29)$$

в которой диапазон B2:B11 значений  $V_i$ , где  $i=1, 2, \dots, 10$ , также представлен массивом значений. Для ввода формулы в ячейку B13 применить копирование формулы (28) в ячейке B12 «протаскиванием указателя мыши» (см. п. 2). В результате копирования формула (27) будет преобразована в формулу (28) на основе действия механизма относительной адресации. В ячейку B13 будет возвращено значение  $ST_2=0,0197702$  (см. рис.19).

Сравнение результатов вычислений в ячейках B12,C12 и B13,C13 показывает, что численные результаты вычислений  $ST_1$  и  $ST_2$  совпадают. Однако применение формул массива не требует программирования вычисления ряда значений функции  $F_i$  в диапазоне C1:C11, что снижает трудоемкость создания электронной таблицы.

#### *Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel*

Операции *реорганизации информации* в созданной электронной таблице (рис. 19), придание ей формы выходного документа (прил. 3) приведены в табл. 18.

### **4.3. Разветвляющиеся алгоритмы**

В разветвляющемся алгоритме имеется *условие разветвления*. В зависимости от результата выполнения некоторого логического условия вычислительный процесс может осуществляться по одной или по другой ветви алгоритма. Каждая из ветвей ведет к общему продолжению алгоритма независимо от того, какой путь выбран.

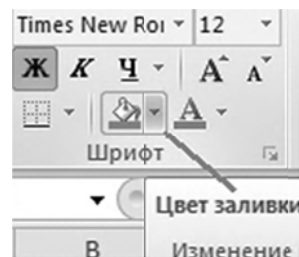
Реорганизация электронной таблицы вычисления площади криволинейной трапеции в документ на выходе MS Excel

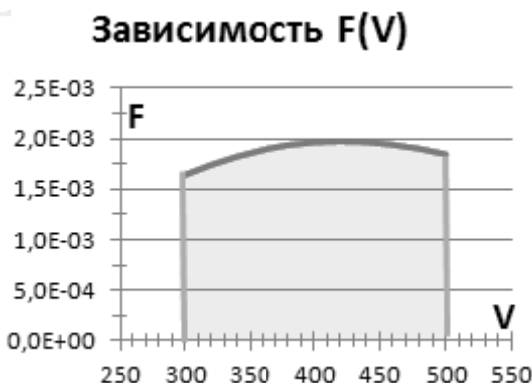
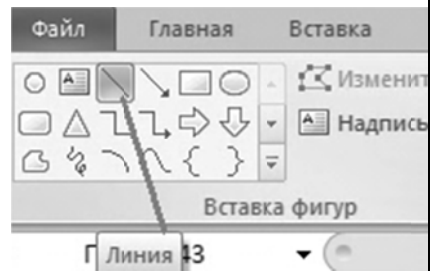

№ п/п	Операция	Действия пользователя «Редактирование электронных таблиц»
1	2	3
1	Вставить новые строки 1-17	См. п. 1, табл. 8 (пример 1)
2	Ввести текст в новые строки 1-9, 13-17	См. п. 2, табл. 8. Ввести в ячейки: A1 – «Пример 3 Вычисление площади криволинейной трапеции (Циклический алгоритм)»; A2 – «Вычислить относительное количество молекул газа с молярной массой $M$ »; A3 – «при постоянной температуре $T$ , скорости которых лежат в интервале от $V_H$ до $V_H + \Delta V$ .»; A4 – «Создать графическое представление данных таблицы в виде диаграммы»; A5 – «Математическое обоснование»; A6 – «Относительное количество молекул газа $\Delta N/N$ , скорости которых лежат в интервале»; A7 – «конечной длины ( $V_H, V_H + \Delta V$ ), численно равно площади $S$ криволинейной трапеции,»; A8 – «образованной графиком функции $F(V)$ , осью $Ox$ и перпендикулярами в точках $x = V_H$ и»; A9 – « $x = V_H + \Delta V$ , вычисляется по формулам»; A13 – «Формулы прямоугольников для приближенного вычисления интеграла»; A14 – «Формула "левых" прямоугольников»; A15 – «Формула "правых" прямоугольников»; A16 – «Среднее значение»; A17 – «Ввод исходных данных»; D17 – «Таблица значений $F(V)$ и накопления суммы»

1	2	3
3	Вставить формулы в строки 10-12	$S = \frac{\Delta N}{N} = \int_{V_H}^{V_H + \Delta V} F(V) d(V),$ $F(V) = 4V^2 Z \sqrt{\frac{Z}{\pi}} \exp(-ZV^2),$ $Z = \frac{M}{2RT}.$ <p>Вставка формул см. п. 15, табл. 8</p>
4	Вставить формулы в строки 14,16,17	$ST_1 = \Delta v(F_0 + F_1 + \dots + F_{n-1}) = \Delta v \sum_{i=0}^{n-1} F_i$ $ST_2 = \Delta v(F_1 + F_2 + \dots + F_n) = \Delta v \sum_{i=1}^n F_i$ $ST = (ST_1 + ST_2)/2$
5	Вставить новые ячейки в диапазон A19:B32 и D19:E32 «со сдвигом вправо»	См. п. 4, табл. 8
6	Вести текст в строки 19-26, 28,29,31-33. Выровнять текст «по правому краю»	<p>Ввести в ячейки: A19 – «R, Дж/(к моль)=»; A20 – «Т, К=»; A21 – «M(N<sub>2</sub>), кг/моль=»; A22 – «V<sub>H</sub>, м/с=»; A23 – «DV=»; A24 – «N=»; A25 – «HV=»; A26 – «Z=»; B28 и B31 – «ST<sub>1</sub>=»; B29 и B32 – «ST<sub>2</sub>=»; B33 – «ST=». Для выравнивания выделить ячейки диапазона A19:A26, 28,29,31:33, щелкнуть на кнопке <i>Выровнять текст по правому краю</i> в группе <i>Выравнивание</i></p>

1	2	3
7	Выровнять «по левому краю» числа в ячейках C19:C26	Выравнивание см. п. 5
8	Вести текст в строки 27,30	Ввести в ячейки: A27 – «Вычисление СУММ диапазона значений $F_i$ »; A30 – «Вычисления по формуле массива»
9	Вставить новые ячейки в E19:H19	Вставка новых ячеек в диапазон «со сдвигом вниз» (см. п. 4, табл. 8)
10	Ввести текст в ячейки E19:H19. Выровнять текст «по центру»	Ввести в ячейки: E19 – «№п/п», F19 – « $V$ »; G19 – « $F(V)$ »; H19 – « $S$ ». Выравнивание см. п.5
11	Заполнить диапазон ячеек E20:E30 последовательно стью чисел от 0 до 10	Использовать функцию <i>Автозаполнение</i> MS Excel. См. п. 11, табл. 13 (пример 2)
12	Выровнять данные в ячейках E20:F30 «по центру»	Выравнивание см. п.5

1	2	3
13	Переместить диапазоны: G28:G30 в область C28:C30, F31:F32 – в C31:C32	Перемещение диапазона, см. п.10, табл. 8.  Выровнять данные «по левому краю»
14	Выполнить форматирование строк 1,5,18,27, 31	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 17, табл. 8
15	Выполнить форматирование строк 2-4,6-9,13-17	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 18, табл. 8
16	Добавить границы для таблицы данных (диапазон E19:H30)	Границы для таблицы данных добавляются отдельно для диапазона E20:H30, а затем для диапазона E19:H19. Добавление границ диапазона, см. п. 15, табл. 13.  Убрать с экрана <i>Сетку</i> (см. п. 3.3.8)
17	Изменить цвет фона (заливки) выделенных ячеек C28, C33, H2.	Выделить ячейки. Щелкнуть кнопку «Цвет заливки» в группе <i>Шрифт</i> . В раскрывающейся палитре выбрать цвет заливки ячеек. <i>Цвет заливки «желтый»</i>
18	Создать диаграмму	Выбрать диапазон значений F19:G30, включая данные и метки столбцов. Создание <i>Точечной диаграммы</i> , см. п. 16, табл. 13



1	2	3
19	<p>Форматировать элементы диаграммы.</p> <p>См. п. 17, табл. 13 (пример 2)</p>	
20	<p>Создать графическое изображение криволинейной трапеции в виде рисованного графического объекта</p>	<p>Криволинейная трапеции (см. рис. п. 19), образована графиком функции <math>F(V)</math>, осью <math>Ox</math> и перпендикулярами в точках <math>x=V_n</math> и <math>x=V_n+\Delta V</math>. Для добавления линий щелкнуть на кнопке <i>Линия</i>, находящейся в коллекции <i>Вставить фигуры</i> в левой части вкладки <i>Формат</i> Ленты (см. рис.). После щелчка кнопка остается выделенной в коллекции (новым цветом), а указатель мыши приобретет «крестообразную форму». Удерживая нажатой клавишу &lt;Shift&gt;, <i>перетащить</i> указатель мыши от того места, где начинается линия, до того места, где она заканчивается, после чего отпустить кнопку мыши и клавишу &lt;Shift&gt;</p> 
21	<p>Выполнить редактирование графического изображения (заливку цветом)</p>	<p>Запустить программу Windows <i>Paint</i>: открыть меню кнопки <i>Пуск</i>, последовательно выбрать команды <i>Все программы</i>, <i>Стандартные</i>, <i>Paint</i>. Скопировать диаграмму из MS Excel и вставить в окно <i>Paint</i>. Щелкнуть на кнопке «<i>Заливка</i>» (см. рис.) и выбрать цвет заливки в нижней части окна. Скопировать диаграмму из окна <i>Paint</i> и вставить в окно MS Excel</p> 



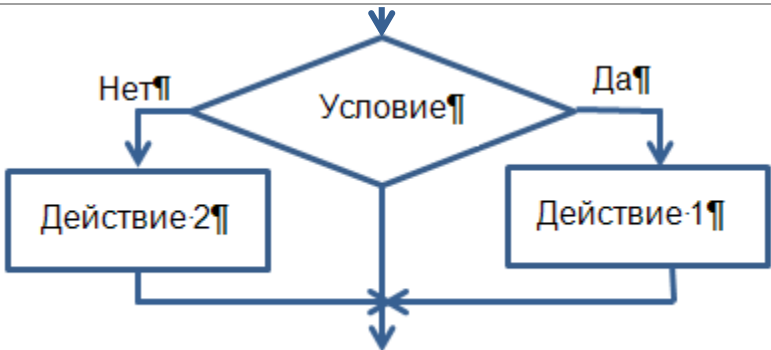
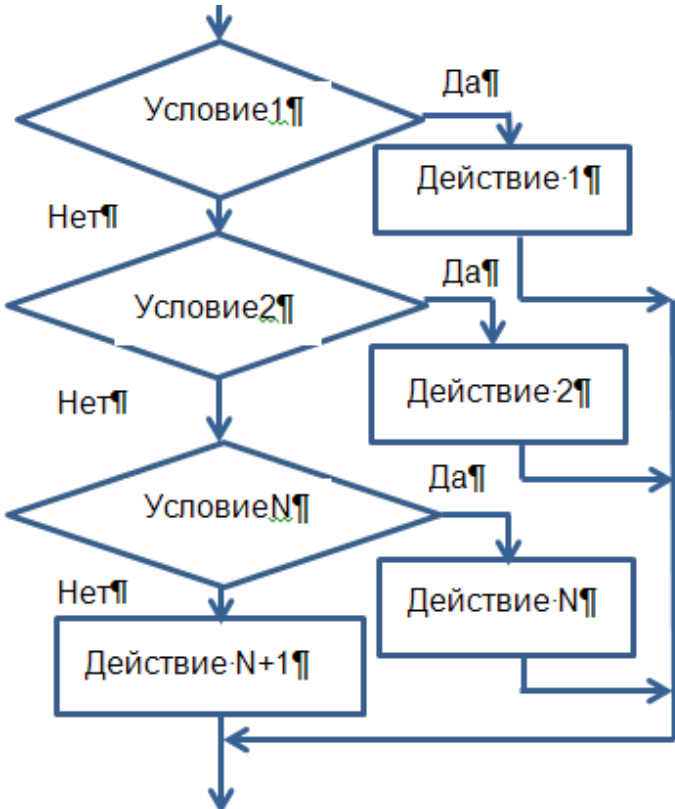
### 4.3.1. Основные варианты базовой структуры «ветвление»

В технологии электронных таблиц базовая структура «ветвление» применяется в следующих основных вариантах (табл. 19):

- 1) Если – то – иначе;
- 2) Выбор – иначе.

Таблица 19

Варианты базовой структуры «ветвление»

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Pascal
1. Если – то – иначе	
 <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; Cond{Условие}     Cond -- Да --&gt; Act1[Действие-1]     Cond -- Нет --&gt; Act2[Действие-2]     Act1 --&gt; Join(( ))     Act2 --&gt; Join     Join --&gt; Exit(( ))         </pre>	<pre> begin If &lt;условие&gt; then &lt;оператор1&gt; else &lt;оператор2&gt; end         </pre>
2. Выбор – иначе	
 <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; Cond1{Условие1}     Cond1 -- Да --&gt; Act1[Действие-1]     Cond1 -- Нет --&gt; Cond2{Условие2}     Cond2 -- Да --&gt; Act2[Действие-2]     Cond2 -- Нет --&gt; CondN{УсловиеN}     CondN -- Да --&gt; ActN[Действие-N]     CondN -- Нет --&gt; ActNplus1[Действие-N+1]     Act1 --&gt; Join(( ))     Act2 --&gt; Join     ActN --&gt; Join     ActNplus1 --&gt; Join     Join --&gt; Exit(( ))         </pre>	<pre> begin If &lt;условие1&gt; then &lt;оператор1&gt; else (If &lt;условие2&gt; then &lt;оператор2&gt; ... else (If &lt;условиеN&gt; then &lt;операторN&gt; else &lt;операторN+1&gt;) ...) end         </pre>

Вариант структуры «Выбор – иначе» является расширением структуры «Если – то – иначе» за счет *вложенности* новых условий. Это приводит к сокращению числа операторов IF в алгоритме на языке Паскаль. Новое условие может записываться за ключевыми словами THEN и ELSE. Ключевое слово ELSE всегда относится к ближайшему ему слову IF.

Задача автоматизации операций выбора решения на основе анализа данных в электронных таблицах MS Excel решается на основе использования инструментария *логических выражений* и *логических функций*.

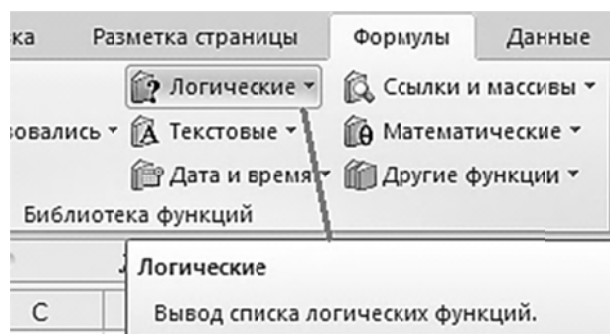
Инструментарий логических функций и выражений основан на математическом аппарате *алгебры логики*.

#### **4.3.2. Логические выражения и функции в MS Excel**

При решении логических задач принятия решений в электронной таблице MS Excel используется конструкция *логическое условие*. *Простое логическое условие* представляет собой две величины или два выражения одного типа, связанные знаком *операции отношений*: = (равно), < (меньше), > (больше), <= (не больше), >= (не меньше), <> (не равно). В качестве результата операции отношения может быть одно из двух значений: ИСТИНА или ЛОЖЬ, которые затем могут использоваться в *сложных логических условиях*.

Примеры записи простых логических условий в MS Excel:

- $A1 > 0$ , где в ячейке A1 хранится числовое значение;
- $A2 > A1$ , где в ячейках A1 и A2 – числовые значения, которые заданы числовыми константами или формулами для вычисления.



*Логические выражения* используются в MS Excel, как правило, для записи условий логического ветвления в алгоритме. *Логические функции* вычисляют *логические выражения*

и возвращают в качестве результата одно из двух значений: ИСТИНА или ЛОЖЬ, которые могут затем использоваться для выполнения других действий или форматирования. Доступ к логическим функциям открывается из раскрывающегося меню кнопки *Логические*, находящейся на вкладке *Формулы* Ленты (см. рис.), а также при выборе категории *Логические* в диалоговом окне *Мастер функций*. Некоторые логические функции (всего 7 логических функций) и описание их назначения приведены в табл. 20.

В аргументах логических функций (*логическое выражение* и *логическое*) используются *операторы сравнения* (=, <, >, <=, >=, <>), которые также возвращают *логическое значение* (ИСТИНА, ЛОЖЬ).

Таблица 20

Функция	Назначение
И ( <i>Логическое И</i> )	И ( <i>логическое 1; логическое 2; ...</i> ) – возвращает значение: ИСТИНА, если все аргументы имеют значение ИСТИНА; ЛОЖЬ, если хотя бы один аргумент имеет значение ЛОЖЬ
ИЛИ ( <i>Логическое ИЛИ</i> )	ИЛИ ( <i>логическое 1; логическое 2; ...</i> ) – возвращает значение: ЛОЖЬ, если все аргументы имеют значение ЛОЖЬ; ИСТИНА, если хотя бы один аргумент имеет значение ИСТИНА
НЕ ( <i>Логическое отрицание</i> )	НЕ ( <i>логическое</i> ) – возвращает значение ЛОЖЬ если аргумент имеет значение ИСТИНА и наоборот
ЕСЛИ ( <i>Условный выбор</i> )	ЕСЛИ ( <i>логическое выражение; значение, если ИСТИНА; значение, если ЛОЖЬ</i> ) – проверяет на истинность условие в <i>логическом выражении</i> . Если условие выполняется, то значением функции будет <i>значение, если ИСТИНА</i> , а если условие не выполняется, то <i>значение, если ЛОЖЬ</i>

Аргументы функции ЕСЛИ (*значение, если ИСТИНА*, и *значение, если ЛОЖЬ*) могут содержать константы (числовые или текстовые) и выражения, результаты которых возвращаются в ячейку в качестве значения функции ЕСЛИ. Логическая функция ЕСЛИ() используется для программирования анализа ситуации и выбора (принятие) решения.

### *Логическое выражение функции ЕСЛИ()*

#### *Структуру функции ЕСЛИ()*

ЕСЛИ(*логическое выражение; значение, если ИСТИНА; значение, если ЛОЖЬ*) можно расширить за счет вложенной функции ЕСЛИ() вместо аргумента *значение, если ЛОЖЬ*. Структура функции ЕСЛИ() с вложениями соответствует варианту «Выбор-иначе» базовой структуры «ветвление».

Функция ЕСЛИ() с двумя вложенными функциями ЕСЛИ(), в которой проверяется два логических условия, имеет вид:

ЕСЛИ(*логическое условие 1; значение, если ИСТИНА;*  
ЕСЛИ(*логическое условие 2; значение, если ИСТИНА; значение, если ЛОЖЬ*)).

Разветвляющиеся алгоритмы нашли практические применение в таких задачах анализа данных в электронных таблицах, как:

- определение координат экстремума функции (поиск максимума для ряда числовых значений);
- ранжирование (упорядочивание) рядов числовых значений по убыванию (возрастанию).

#### **4.3.3. Поиск координат экстремума (максимума) функции распределения по таблице ее значений (пример 4)**

*Постановка задачи поиска координат экстремума (максимума) функции распределения по таблице ее значений. Формулы для вычислений*

Пусть дана таблица с  $n$  числовыми значениями функции распределения  $F_i = F(V_i)$  молекул газа  $M$ , полученными в результате эксперимента. Определить значение температуры  $T$ , при которой проводился эксперимент.

Задача имеет решение, если функция  $F_i = F(V_i)$  в диапазоне значений  $V(V_0, V_1, \dots, V_{n-1}, V_n)$  имеет максимум. Максимум функции  $FM$  достигается при наиболее вероятной скорости  $FM = F(V_B)$  (см. рис. 1). Наиболее вероятная скорость  $V_B$  связана с молекулярной массой газа  $M$  и температурой  $T$  зависимостью (3). Преобразуем формулу (3) к виду (30)

$$T = V_B^2 M / (2R), \quad (30)$$

в котором величина  $T$  выражается через значения величин  $V_B$ ,  $R$  и  $M$ .

Исходные данные для параметров  $M$  и  $R$  приведены в табл. 10. Табличные значения  $(V_i, F_i)$  для  $n=11$  приведены в табл. 21.

Таким образом, для решения задачи нужно определить координаты экстремума (максимума) функции распределения ( $V_b, FM$ ) по таблице ее значений (см. табл. 21). Поиск координаты экстремума (максимума) таблично заданной функции может быть выполнен одним из следующих способов.

1. Табличный.
2. Графический.
3. Аппроксимация рядов данных.

Таблица 21

$i$	$V$	$F$
1	300	0,00163975
2	320	0,00173949
3	340	0,00182265
4	360	0,00188804
5	380	0,00193497
6	400	0,00196320
7	420	0,00197296
8	440	0,00196489
9	460	0,00193999
10	480	0,00189957
11	500	0,00184519

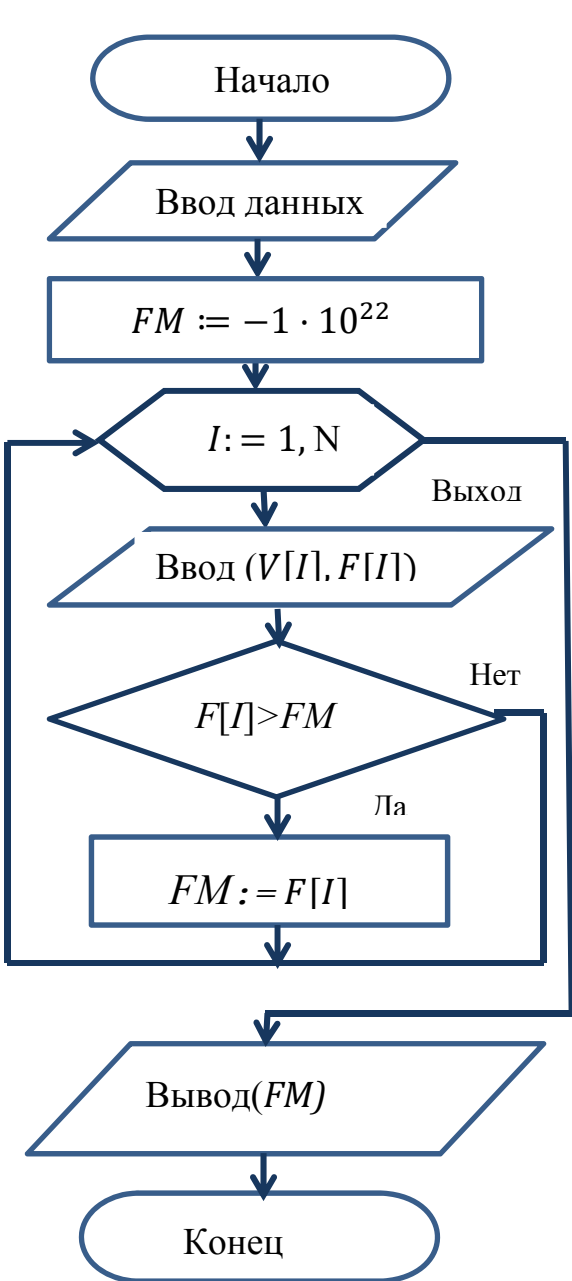
Решение задачи определения значения температуры  $T$ , при которой проводился эксперимент, на основе координат максимума функции распределения по таблице ее значений ( $F_i, V_i$ ) включает следующие этапы:

1. Поиск максимума  $FM$  функции  $F(F_1, F_2, \dots, F_{n-1}, F_n)$  по таблице ее значений (см. табл. 21) одним из трех способов.
2. Определение значения скорости  $V_b$ , по таблице значений  $F_i = F(V_i)$ , при которой  $F$  принимает максимальное значение  $FM$ .
3. Вычисление значения температуры  $T$  для значения  $V_b$  по формуле (30).
4. Сравнить полученные результаты определения  $T$  по значениям  $V_b$  полученных с помощью различных способов поиска максимума функции (п. 1), со значением  $T=298,15$  К.

*Алгоритм поиска максимума функции по таблице ее значений  
(табличный способ)*

Формализованные описания алгоритма решения задачи «Поиск максимума функции по таблице ее значений» на основе базового варианта «Цикл для» с вариантом структуры «ветвление» «Если – то» внутри цикла графическим способом (на языке блок-схем) и программным способом (на языке Pascal), с учетом особенностей вычислений в технологии электронных таблиц, приведены в табл.22.

Таблица 22

Схема алгоритма	Алгоритм на языке Паскаль
 <pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; Init[FM := -1 · 10<sup>22</sup>]     Init --&gt; LoopStart{I := 1, N}     LoopStart --&gt; InputData[/Ввод (V[I], F[I])/]     InputData --&gt; Decision{F[I] &gt; FM}     Decision -- Да --&gt; AssignFM[FM := F[I]]     AssignFM --&gt; LoopStart     Decision -- Нет --&gt; LoopStart     LoopStart -- Выход --&gt; Output[/Вывод(FM)/]     Output --&gt; End([Конец])     </pre>	<pre> begin   ReadLn (R,M,N) ;   FM:=-1E22;   FOR I:=1 TO N DO     BEGIN       ReadLn (V[I] , F[I]) ;       IF (F[I]&gt;FM) THEN         FM:= F[I]       END;     END;   WriteLn (FM) end.     </pre>

Параметром цикла является переменная  $I$ , которая принимает значения от 1 до  $N$  с шагом 1. Количество повторений цикла  $N$  задано 11.

До начала цикла выполняются следующие действия (см. табл. 22).

- Ввод значений исходных данных  $R, M, N$ .
- Переменной  $FM$  присваивается начальное значение  $FM := -1$  E22.

При входе в первый цикл параметру цикла  $I$  оператором FOR присваивается начальное значение, равное 1.

Тело цикла представляет собой *составной оператор*, заключенный в операторные скобки BEGIN-END. Тело цикла включает в себя операторы ввода значений  $I[I]$  и  $F[I]$  для текущего значения параметра цикла  $I$  и проверку условия разветвления  $F[I] > FM$ .

В зависимости от результата проверки выполнения условия обеспечивается выбор направления в алгоритме: при выполнении условия переменной  $FM$  присваивается значение  $F[I]$ , а при невыполнении – значение  $FM$  не изменяется. После выполнения тела цикла выполняется переход к следующему циклу: параметр цикла  $I$  увеличивается на 1 и проверяется *условие продолжения цикла*  $I \leq N$ . Если условие выполняется, то цикл повторяется. Если условие не выполняется ( $I > N$ ), то оператор FOR организует «выход» из цикла на оператор вывода значения  $FM$  на *печать* и *конец* алгоритма.

*Электронная таблица поиска максимума функции по таблице ее значений*

Электронная таблица поиска максимума функции по таблице ее значений приведена на рис. 20.

Планирование электронной таблицы приведено в табл. 23.

Для создания электронной таблицы (см. рис. 20) необходимо выполнить следующие действия:

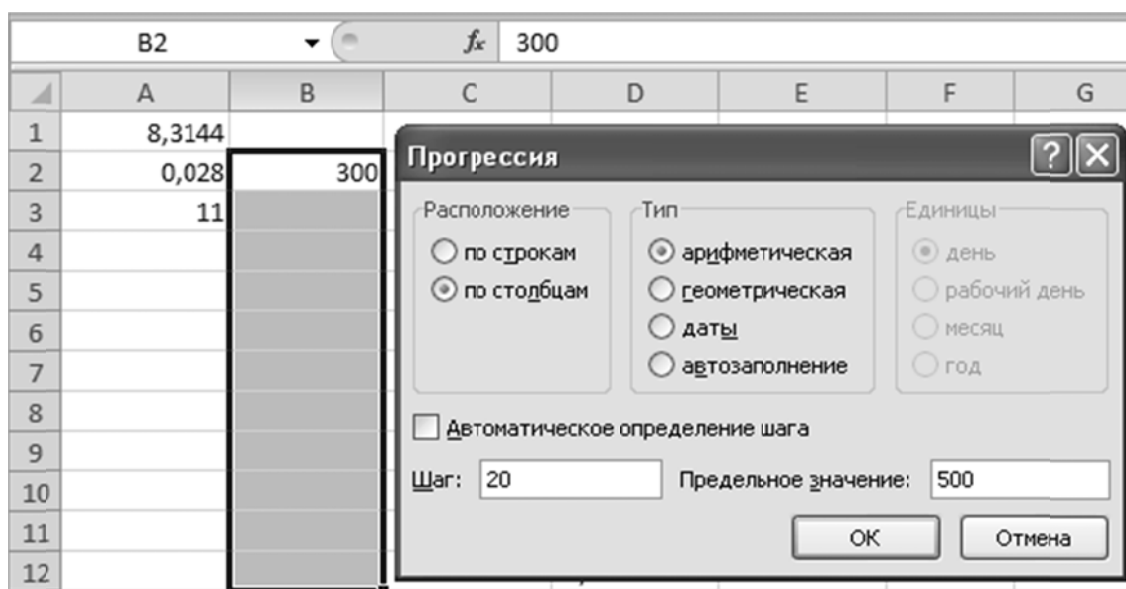
1. Ввести числовые значения исходных данных  $R, M(N_2), N$  в ячейки диапазона A1:A3, соответственно (см. рис. 18).

2. Заполнить диапазон B2:B12 числовой последовательностью 300,320,...,480,500, которую можно представить в виде *арифметической*

	A	B
1	8,3144	
2	0,028	300
3		320
4		340
5		360
6		380
7		400
8		420
9		440
10		460
11		480
12		500

*прогрессии* с начальным значением, равным 300, и шагом, равным 20. Для ввода арифметической прогрессии

с помощью функции *Автозаполнение* MS Excel ввести в ячейку B2 значение 300 (нажать кнопку «Ввод» в строке формул), подвести курсор к маркеру заполнения (в левом нижнем углу ячейки B2), *перетащить* правой кнопкой мыши 10 ячеек столбца B (до ячейки B12). Появится контекстное меню, в котором нужно выбрать команду *Прогрессия*. Откроется одноименное диалоговое окно для настройки параметров *Автозаполнения* (см. рис.): установить *Шаг* 20 и *Предельное значение* – 500. Щелкнуть на кнопке ОК.



3. В ячейку D1 ввести значение  $-1E22$ . Это значение выбрано с условием, что оно меньше любого значения в ряде  $F[I]$ , что позволит обнаружить ошибку в записи условия разветвления в алгоритме.
4. Выделить диапазон D2:D12 (щелкнуть ячейку D2, удерживая нажатой клавишу <Shift>, щелкнуть ячейку D12) и в ячейку D2 ввести формулу проверки логического условия с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2) и ввода адресных



ссылкой с помощью мыши, щелкнув на ячейках C2 и D1 (*автоматическим способом*).

=ЕСЛИ(C2>D1;C2;D1).

	D2		<i>fx</i>	=ЕСЛИ(C2>D1;C2;D1)	
	A	B	C	D	E
1	8,3144			-1,00E+22	
2	0,028	300	0,001639747	0,001639747	
3	11	320	0,001739485	0,001739485	
4		340	0,001822648	0,001822648	
5		360	0,001888044	0,001888044	
6		380	0,001934969	0,001934969	
7		400	0,0019632	0,0019632	
8		420	0,001972962	0,001972962	
9		440	0,001964892	0,001972962	
10		460	0,001939993	0,001972962	
11		480	0,001899573	0,001972962	
12		500	0,001845187	0,001972962	
13			0,001972962		

Рис. 20. Электронная таблица поиска максимума функции по таблице ее значений

5. Выполнить копирование формулы в ячейке D2 на диапазон D2:D12 для автоматического ввода формул для проверки логического условия в ячейки диапазона с учетом *действия механизма относительной адресации* при копировании формулы (удерживая клавишу <Ctrl>, нажать клавишу <Enter>).
6. Значение максимума функции представлено в ячейке D12 ( $FM=0,001972962$ ) (см. табл. 23).
7. В электронной таблице (рис. 20) для подтверждения правильности составленной программы (пп.4-6) поиск максимума функции выполнен также с помощью встроенной статистической функции МАКС (*ряд чисел*). Функция возвращает максимальное значение в ряду чисел. Ввести формулу =МАКС(C2:C12) в ячейку C13 с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. п. 4). Значение в ячейке C13 должно совпасть со значением в ячейке D12 (см. табл. 23).

Таблица 23

№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке в формате <i>Общий</i>
1	$R$	A1	8,3144	8,3144
2	$M(N_2)$	A2	0,028	0,028
3	$N$	A3	11	11
4	$FM$	D1	-1E22	-1E22
5	$V_1$ $V_{11}$	B2 B12	300 500	300 500
6	$F_1$ $F_{11}$	C2 C12	0,001639747 0,006197051	0,001639747 0,001972962
7	$FM$	D2  D12	=ЕСЛИ(C2>D1; C2;D2)  =ЕСЛИ(C12>D11; C12;D11)	0,001639747  0,001972962
8	$FM$	D12		0,001972962
9	$FM$	C13	=МАКС(C2:C12)	0,001972962

*Алгоритм определения значения аргумента  $V$ , при котором функция  $F(V)$  принимает максимальное значение, по таблице ее значений*

Формализованные описания алгоритма решения задачи «Определение значения аргумента  $V$ , при котором функция  $F(V)$  принимает максимальное значение, по таблице ее значений» на основе базового варианта «Цикл для» с вариантом структуры «ветвление» «если-то» внутри цикла графическим способом (на языке блок-схем) и программным способом (на языке Pascal) с учетом особенностей вычислений в технологии электронных таблиц приведены в табл. 24. Данный алгоритм следует рассматривать как продолжение алгоритма «Поиск максимума функции по таблице ее значений» (см. табл. 22). Предполагается, что максимальное значение  $FM$  функции  $F(V)$ , заданной таблицей ее значений, предварительно известно.

До начала цикла выполняются следующие действия (см. табл. 24):

- Ввод значений исходных данных  $R, M, N, FM$ .
- Переменной  $VB$  присваивается начальное значение равное нулю.

При входе в первый цикл параметру цикла  $I$  оператором FOR присваивается начальное значение, равное 1.

Таблица 24

Блок-схема алгоритма	Алгоритм на языке Паскаль
<pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Input[/Ввод данных/]     Input --&gt; Init[VB := 0]     Init --&gt; LoopStart{I := 1, N}     LoopStart -- "Выход" --&gt; End([Конец])     LoopStart --&gt; InputI[/Ввод (V[I], F[I])/]     InputI --&gt; Decision{abs(F[I]-FM) &lt;= eps}     Decision -- "Да" --&gt; AssignVB[VB := V[I]]     AssignVB --&gt; LoopStart     Decision -- "Нет" --&gt; End     AssignVB --&gt; Output[/Вывод(VB)/]     Output --&gt; End         </pre>	<pre> begin   ReadLn (R, M, N, FM, eps) ;   VM:=0;   FOR I:=1 TO N DO     BEGIN       ReadLn (V[ I] , F[ I] ) ;       IF (abs(F[I]-FM)&lt;=eps) THEN         VB:= V[I]       END;       WriteLn (VB)     end.         </pre>

Тело цикла представляет собой составной оператор, заключенный в операторные скобки BEGIN-END. Тело цикла включает в себя оператор ввода значения  $I[I]$  и  $F[I]$  для текущего значения параметра цикла  $I$  и оператор проверки условия разветвления  $\text{abs}(F[I]-FM) \leq \text{eps}$ . В зависимости от результата проверки условия обеспечивается выбор направления в алгоритме: при выполнении условия переменной  $VB$  присваивается значение  $I[I]$ ; если условие не выполняется, то значение  $VB$  не изменяется. Выполняется переход к следующему циклу.

Электронная таблица определения значения наиболее вероятной скорости  $V_v$  по таблице значений элементов ряда  $F(V)$  приведена на рис. 21.

ЕСЛИ						
=ЕСЛИ(ABS(C2-\$D\$12)<=0,000000001;B2;E1)						
	A	B	C	D	E	F
1	8,3144			-1,00E+22	0	
2	0,028	300	0,001639747	0,001639747	=ЕСЛИ(ABS(C	
3	11	320	0,001739485	0,001739485	0	
4		340	0,001822648	0,001822648	0	
5		360	0,001888044	0,001888044	0	
6		380	0,001934969	0,001934969	0	
7		400	0,0019632	0,0019632	0	
8		420	0,001972962	0,001972962	420	
9		440	0,001964892	0,001972962	420	
10		460	0,001939993	0,001972962	420	
11		480	0,001899573	0,001972962	420	
12		500	0,001845187	0,001972962	420	

Рис. 21. Электронная таблица определения значения наиболее вероятной скорости  $V_v$  по таблице значений элементов ряда  $F(V)$

Планирование электронной таблицы приведено в табл. 25.

Для создания электронной таблицы (рис. 21) в дополнение к электронной таблице (см. рис. 20) необходимо выполнить следующие действия.

1. В ячейку E1 ввести значение, равное нулю. Это начальное значение  $V_v$  выбрано с условием, что оно меньше любого значения в ряде  $I[I]$ , что позволит обнаружить ошибку в записи условия разветвления в алгоритме.
2. Выделить диапазон E2:E12 (щелкнуть ячейку E2, удерживая нажатой

клавишу <Shift>, щелкнуть ячейку E12) и в ячейку E2 ввести формулу проверки логического условия

$$=ЕСЛИ(ABS(C2-SD\$12)<=1E-9;B2;E1).$$

Ввод формулы произвести с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2) и ввода адресных ссылок с помощью мыши, щелкнув на ячейках C2 и D12 (*автоматическим способом*).

Таблица 25

Планирование электронной таблицы (рис. 21)

№ п/п	Обозначение (см. табл. 5)	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке в формате <i>Общий</i>
1-3	$R, M(N_2), N$	A1: A3	См. пп.1-3, табл. 22	-
4	$V_B$	E1	0	0
5	$V_1$	B2	415	415
	$V_{11}$	B12	425	425
6	$F_1$	C2	0,001639747	0,001639747
	$F_{11}$	C12	0,001845187	0,001845187
7	$FM$	D12	0,001972962	0,001972962
8	$V_B$	E2	=ЕСЛИ(ABS(C2-D12)<=1E-09;B2;E1)	0
		E12	=ЕСЛИ(ABS(C12-D12)<=1E-09;B12;E11)	420
9	$V_B$	E12		420

3. Выполнить копирование формулы в ячейке E2 на диапазон E2:E12 для *автоматического ввода формул* проверки логического условия в ячейки диапазона с учетом действия *механизма относительной адресации* при копировании формулы (удерживая клавишу <Ctrl>, нажать клавишу <Enter>).

4. Значение скорости  $V$ , соответствующей максимуму функции  $F$  по таблице ее значений, представлено в ячейке E12.

Электронная таблица вычисления значения температуры  $T$  по формуле (30) на основе предварительно определенного значения наиболее вероятной скорости  $V_v$  по максимуму функции распределения  $F(V)$  табличным способом (см. рис. 21) приведена на рис. 22.

E14      fx      =D14^2*A\$2/(2*A\$1)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	8,3144			-1,00E+22	0		
2	0,028	300	0,001639747	0,001639747	0		
3	11	320	0,001739485	0,001739485	0		
4		340	0,001822648	0,001822648	0		
5		360	0,001888044	0,001888044	0		
6		380	0,001934969	0,001934969	0		
7		400	0,0019632	0,0019632	0		
8		420	0,001972962	0,001972962	420		
9		440	0,001964892	0,001972962	420		
10		460	0,001939993	0,001972962	420		
11		480	0,001899573	0,001972962	420		
12		500	0,001845187	0,001972962	420		
13			0,001972962				
14	298,15			420	297,027	1,123	0,377%

Рис. 22. Электронная таблица вычисления значения температуры  $T$  по формуле (30) на основе таблицы значений функции распределения

Для создания электронной таблицы (рис. 22) в дополнение к электронной таблице (рис. 21) необходимо выполнить следующие действия.

1. В ячейку D14 ввести значение 420, а в ячейку E14 ввести формулу  $=D14^2*A\$2/(2*A\$1)$ . Значение  $T$ , равное 297,027 возвращено в ячейку E14.
2. Сравнить значение  $T$ , полученное табличным способом, со значением 298,15 (фактическим значением температуры газа). Ввести в ячейку A14 значение 298,15. В ячейку F14 ввести формулу для вычисления абсолютной погрешности  $\Delta(T)$ :

$$=A\$14-E14.$$

Значение  $\Delta(T)$ , равное 1,123, возвращено в ячейку F14. В ячейку G14 ввести

формулу для вычисления относительной погрешности  $\delta(T)$ :

$$=F14/\$A\$14.$$

Значение  $\delta(T)$ , равное 0,377%, возвращено в ячейку G14.

*Алгоритм поиска координат максимума функции распределения по кривой графического представления данных (графический способ)*

1. Создать графическое представление числовых данных таблицы значений  $(V_i, F_i)$  в виде точечной диаграммы (см. пп. 16,17, табл. 13).
2. Определить на диаграмме визуально координату точки  $(V_B, FM)$ . Восстановить из данной точки перпендикуляр к оси  $Ox$  для определения численного значения координаты  $V_B$ .
3. Подставить значение  $V_B$ , полученное в п.2, в формулу (30).

Для того чтобы создать графическое представление числовых данных таблицы значений  $(V_i, F_i)$  в виде точечной диаграммы, необходимо выполнить следующее:

1. Выбрать диапазон значений B2:C12 (см. рис. 22).
2. Создать точечную диаграмму и выбрать в коллекции стиль *Макет 1* расположения элементов (см. п. 16, табл. 13).

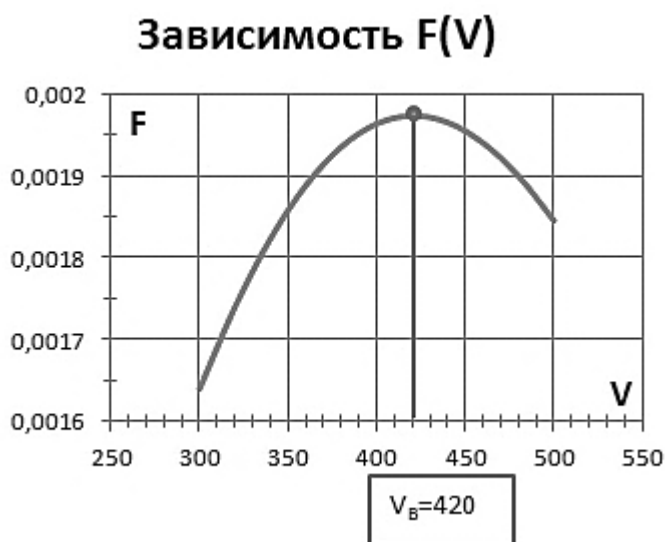


Рис.23. Визуальное определение координат точки  $(V_B, FM)$  на графическом представлении числовых данных таблицы значений  $(V_i, F_i)$  в виде точечной диаграммы

3. Выполнить форматирование диаграммы (см. п. 17, табл.13) в соответствии с ее видом, приведенным на рис. 23.

4. Построить на графике перпендикуляр из точки  $FM$  к оси  $Ox$  с помощью средства «Добавление линии» (см. п. 19, табл. 18). Определить визуально на диаграмме значение  $V_B$  ( $V_B=420$ ).
5. Для достижения меньшей погрешности в определении значения  $V_B$  создать точечную диаграмму для значений функции в окрестности ее максимума (рис. 24) для значений скорости  $V$ , равных 400, 420 и 440 (см. табл. 21). Выбрать диапазон значений B7:C9. Создать *точечную диаграмму* и выбрать в коллекции стиль *Макет 1* расположения элементов (см. п. 16, табл. 13). Выполнить форматирование диаграммы (см. п. 17, табл. 13) в соответствии с ее видом, приведенным на рис. 24. Определить визуально на диаграмме значение  $V_B$  ( $V_B=420,5$ ).

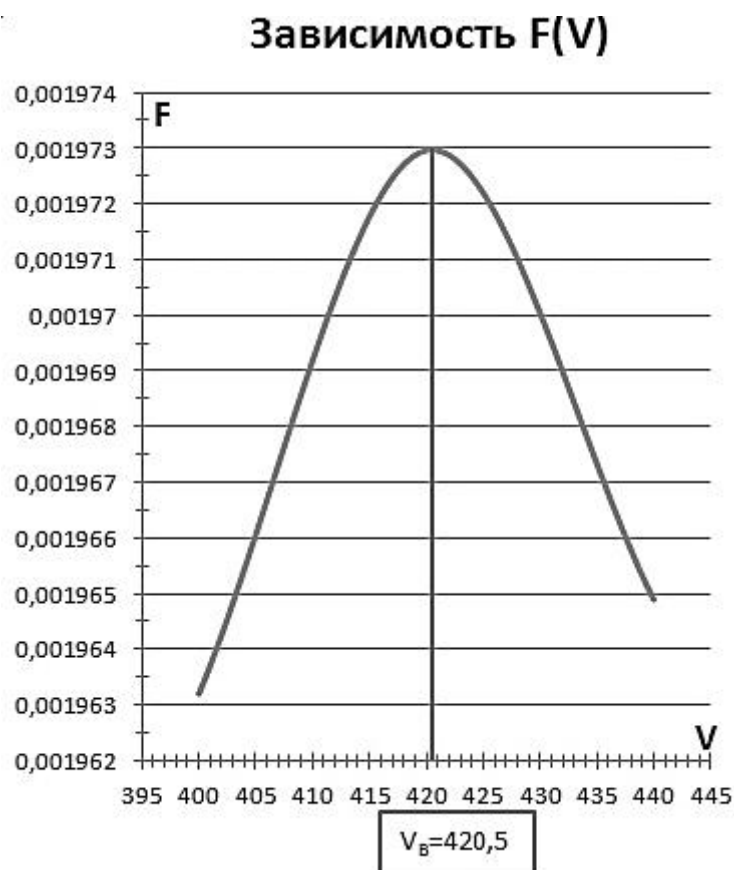


Рис. 24. Визуальное определение координат точки  $(V_B, FM)$  в окрестности максимума функции

6. Подставить значение  $V_B$ , полученное в п.4, в формулу (30). Фрагмент электронной таблицы приведен на рис. 25. Ввести в ячейку D15 значение, равное 420,5, а в ячейку E15 ввести формулу  $=D15^2 \cdot A\$2 / (2 \cdot A\$1)$ . Для ввода формулы в ячейку E15 применить способ копирования формулы



в ячейке E14 «протаскивание указателя мыши» – подвести указатель мыши к «черному квадратику» в правом нижнем углу ячейки E14, курсор примет вид «черного крестика», протащить крестик в ячейку E15. При копирования формула будет преобразована на основе действия механизма относительной адресации (см. рис. 25). В ячейку E15 будет возвращено значение T, равное 297,734.

E15		fx		=D15^2*A\$2/(2*A\$1)				
	A	B	C	D	E	F	G	H
14	298,15			420	297,027	1,123	0,377%	2,7
15				420,5	297,734	0,416	0,139%	

Рис. 25. Фрагмент электронной таблицы вычисления значения температуры при  $V_B=420$ ,

- Сравнить значение  $T$ , которое получено графическим способом, со значением 298,15 (фактическим значением температуры газа) в ячейке A14. В ячейку F15 ввести формулу для вычисления абсолютной погрешности  $\Delta(T)$

$$=A\$14-E15.$$

Для ввода формулы в ячейку F15 применить способ копирования формулы в ячейке F14 «протаскивание указателя мыши» (см. п. 5). Значение  $\Delta(T)$ , равное 0,416, возвращено в ячейку F15.

В ячейку G15 ввести формулу для вычисления относительной погрешности  $\delta(T)$

$$=F15/A\$14.$$

Для ввода формулы в ячейку G15 применить способ копирования формулы в ячейке G14 «протаскивание указателя мыши» (см. п. 5). Значение  $\delta(T)$ , равное 0,139%, возвращено в ячейку G15.

- Для того чтобы сравнить погрешности в определении значения  $T$  табличным (G14) и графическим (G15) способами, определить их соотношение. В ячейку H14 ввести формулу  $=G14/G15$ . Погрешность определения температуры графическим способом в 2,7 раза меньше, чем табличным способом.

### *Алгоритм поиска максимума функции распределения на основе аппроксимации рядов данных на диаграмме*

В практике инженерных и научных расчётов часто приходится оперировать дискретными наборами значений в виде таблицы (см. табл. 21), полученных экспериментальным путём. В некоторых классах физических задач математические зависимости в виде формул, описывающих свойства исследуемого объекта, либо сложны, либо отсутствуют.

*Аппроксимация* – приближенное выражение математических зависимостей, описывающих свойства реального объекта дискретными наборами значений, через другие, более простые или более удобные математические модели в виде алгебраических и тригонометрических многочленов. Аппроксимация широко используется в математике для решения *задачи интерполяции* – способа нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений (например, координат точки максимума, которая находится между узлами таблицы экспериментальных данных (см. табл. 21)).

Разумеется, использование приближенной математической модели для описания характеристик реального объекта не позволяет получить такие же по точности результаты нахождения промежуточных значений, какие могло бы дать их экспериментальное исследование или расчет сложной математической формулы. Снижение погрешности достигается на основе выбора математической модели аппроксимации (например, наибольшей степени независимой переменной алгебраического многочлена), а также использования методов математического анализа для их исследования (например, поиск максимума и корней функции дифференцированием алгебраического многочлена).

В MS Excel аппроксимация ряда данных, которые заданы диапазоном значений электронной таблицы и отображены на диаграмме, выполняется с помощью отображения уравнения *линий тренда* на диаграмме. Вариант линии тренда можно выбрать в диалоговом окне *Формат линии тренда*.

Выбор типа линии тренда зависит от конкретных данных. В MS Excel могут быть построены линии трендов следующих *типов зависимостей*.

- *Линейная аппроксимация* (описывается уравнением вида  $\bar{y}=ax+b$ ).
- *Полиномиальная* (при второй степени описывается уравнением вида  $\bar{y}=ax^2+bx+c$ ).
- *Логарифмическая* (описывается уравнением вида  $\bar{y}=a\ln x-b$ ).
- *Экспоненциальная* (описывается уравнением вида  $\bar{y}=a\exp(bx)$ ).
- *Степенная* (описывается уравнением вида  $\bar{y}=ax^b$ ).

При построении линий тренда коэффициенты уравнений аппроксимации  $a$ ,  $b$  и  $c$  вычисляются на основе дискретного набора известных значений  $(x, y)$  по *методу наименьших квадратов*.

*Линейная аппроксимация* – прямая линия, которая применяется, когда точки данных на диаграмме расположены близко к прямой. Угол наклона  $\alpha$  прямой ( $\operatorname{tg} \alpha=a$ ) характеризует скорость возрастания или убывания величины  $y$ .

*Полиномиальная* – применяется для аппроксимации математических зависимостей, которые могут иметь минимумы и максимумы (попеременно возрастают и убывают). Степень полинома определяет количество экстремумов. Полином второй степени может описать только один максимум или минимум (парабола).

*Экспоненциальная* – применяется для аппроксимации математических зависимостей, у которых скорость изменения данных непрерывно возрастает. Для данных, которые содержат нулевые или отрицательные значения, этот вид аппроксимации не пригоден.

*Аппроксимация ряда данных* зависимости  $F(V)$  – это процесс создания приближенной математической модели (полиномиальной линии тренда), позволяющей найти координаты точки максимума функции на основе точек ряда данных (см. табл. 21), которые заданы диапазоном значений электронной таблицы и отображены в виде точечной диаграммы.

Диаграмма, на которой отображена линия тренда «Полиномиальная» для ряда данных функции распределения  $F(V)$  в окрестности точки максимума с выводом уравнения аппроксимации, представлена на рис. 26.

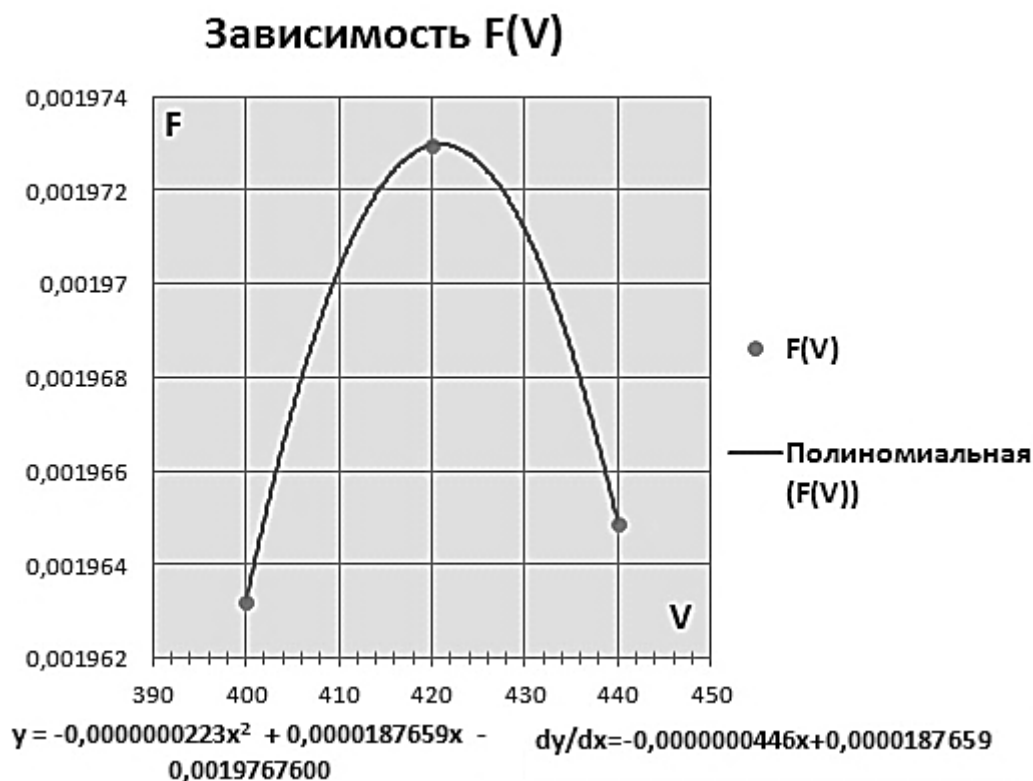


Рис. 26. Диаграмма с отображением линии тренда и уравнения аппроксимации для ряда данных функции  $F(V)$  в окрестности точки ее максимума

Для построения диаграммы (см. рис 26) и поиска координат максимума функции распределения  $F(V)$  на основе аппроксимации линией тренда ряда данных на диаграмме необходимо выполнить следующие действия в электронной таблице.

1. Создать *графическое представление числовых данных* ряда значений  $(V_i, F_i)$  (диапазон B2:C12, см. рис. 22) в виде *точечной диаграммы* (см. п. 16, табл. 13). Выполнить форматирование диаграммы (см. п. 17, табл.13) (см. рис. 23). Определить на диаграмме визуально координату точки  $(V_B, FM)$  ( $V_B=420$ ).
2. Создать точечную диаграмму для значений функции в окрестности ее максимума для значений скорости  $V$ , равных 400, 420 и 440 (рис. 27.). Выбрать диапазон значений B7:C9 (см. рис. 22). На вкладке *Вставка*

Ленты в группе *Диаграммы* выбрать тип - *Точечная*, подтип – *Точечная с общий стиль* расположения элементов *Макет 1* в коллекции *Макеты диаграмм*. Отформатировать диаграмму (см. п. 17, табл.13) по образцу (см. рис. 27).

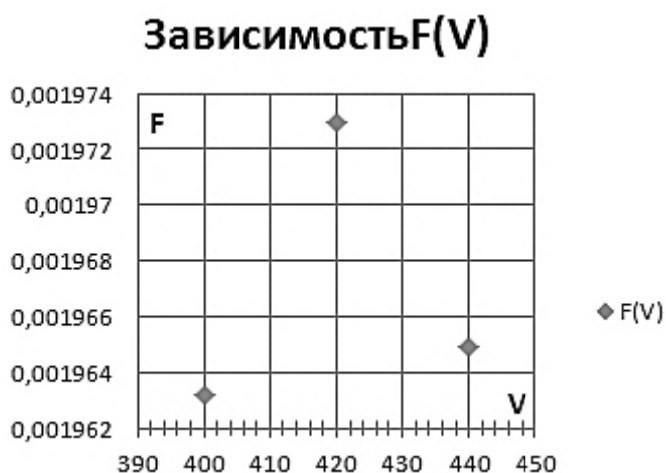
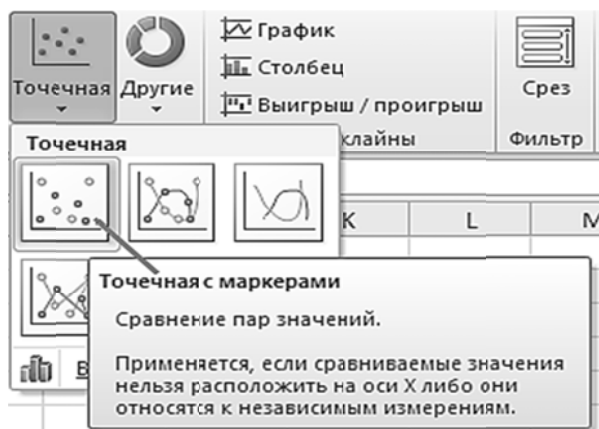
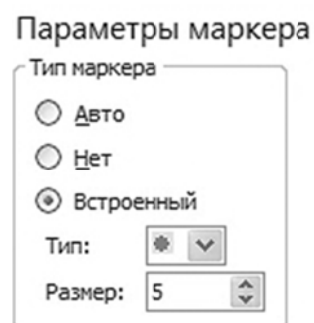


Рис. 27. Точечная диаграмма зависимости  $F(V)$  в окрестности точки максимума

- Настроить отображение ряда данных. Маркер на диаграмме отображает одно значение ряда данных. Для того чтобы выделить ряд данных  $F(V)$ , щелкнуть правой кнопкой мыши на любом из маркеров на диаграмме. В контекстном меню (рис. 28) выбрать команду *Формат ряда данных*, открывающую одноименное диалоговое окно, в котором можно настроить маркеры. Эти настройки расположены в разделах, *Параметры маркера*, *Заливка маркера* и др. В разделе *Параметры маркера* задать тип маркера. По умолчанию – это ромб, цвет заливки – синий, размер 7 (см. рис. 27). Установить переключатель в положение *Встроенный*, выбрать *тип* – кружок, *размер* 5, *цвет заливки* маркера – красный.



4. Создать линию тренда, аппроксимирующую данные ряда  $F(V)$ . выполнить настройки ее параметров в диалоговом окне *Формат линии тренда*:

- *Добавление линии тренда*. Выделить ряд данных, вызвать контекстное меню, щелкнув правой кнопкой мыши на маркере (см. рис. 28).

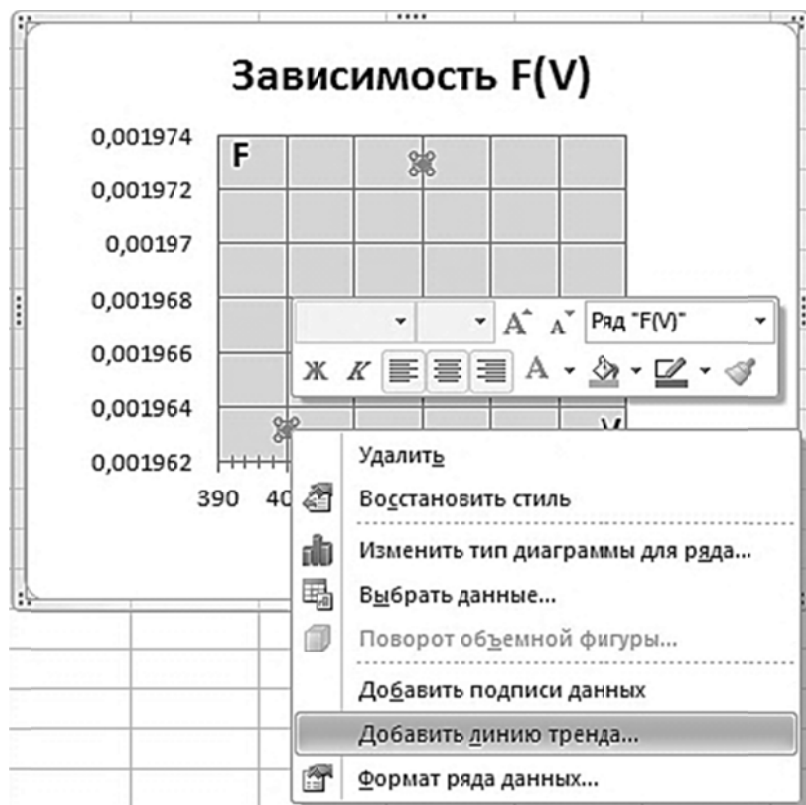


Рис. 28. Контекстное меню при выделении ряда данных  $F(V)$

В контекстном меню выбрать команду *Добавить линию тренда*, открывающую диалоговое окно *Формат линии тренда* (рис. 29). В разделе *Параметры линии тренда* диалогового окна в секции *Построение линии тренда (аппроксимация и сглаживание)* находятся переключатели для выбора *типа линии тренда*. Выбрать тип линии *Полиномиальная*. По умолчанию в окне *Степень* установлено значение 2 – уравнение аппроксимации линии тренда  $\bar{y}=ax^2+bx+c$ . Установить флажок *показывать уравнение на диаграмме*.

В результате на диаграмме будет добавлена линия тренда и уравнение аппроксимации показано в виде текста (рис. 30).

- *Настройка параметров линии тренда*. *Ширина* линии тренда на диаграмме (см. рис.26) установлена равной 1,5 пт., а *цвет линии* – синий.

Для того чтобы настроить параметры линии тренда, выделить линию тренда, щелкнув правой кнопкой (см. рис. 31), в контекстном меню выбрать команду *Формат линии тренда* (рис. 32). В разделах *Тип линии* и *Цвет линии* выполнить нужные настройки.

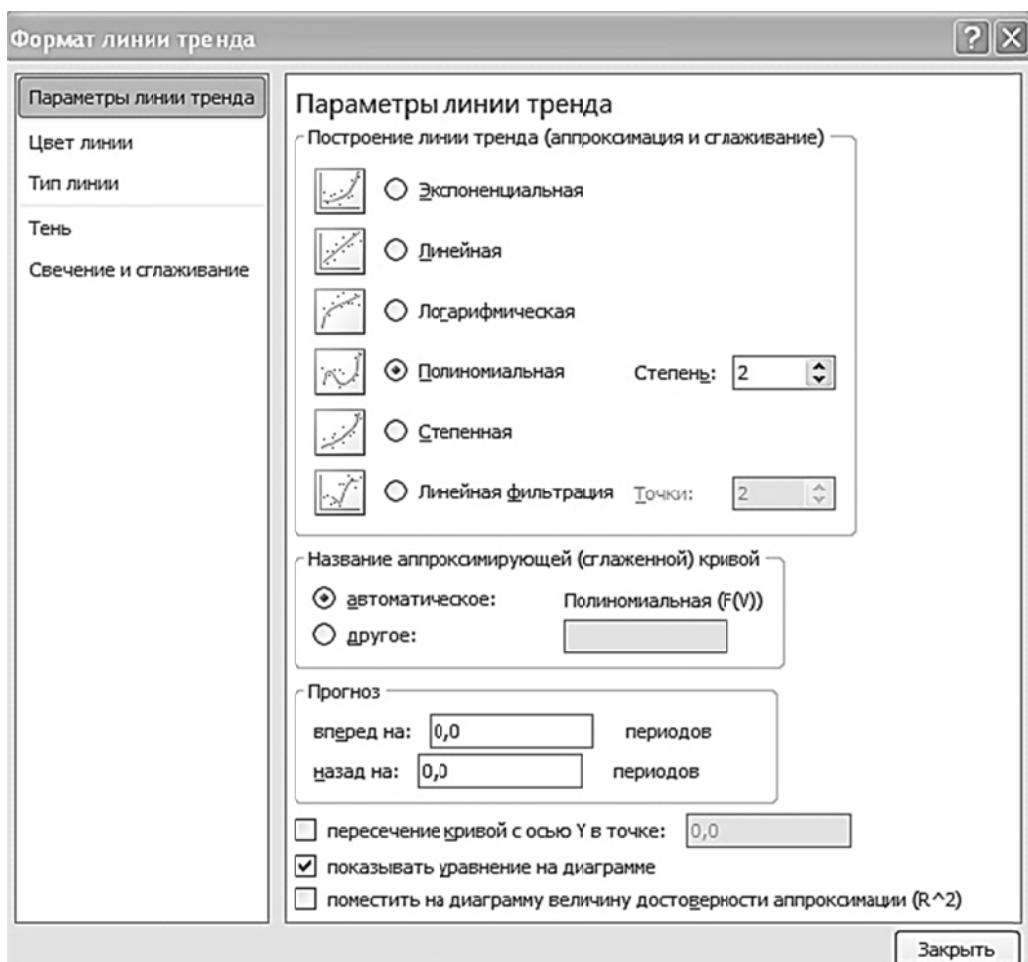


Рис. 29. Диалоговое окно Формат линии тренда

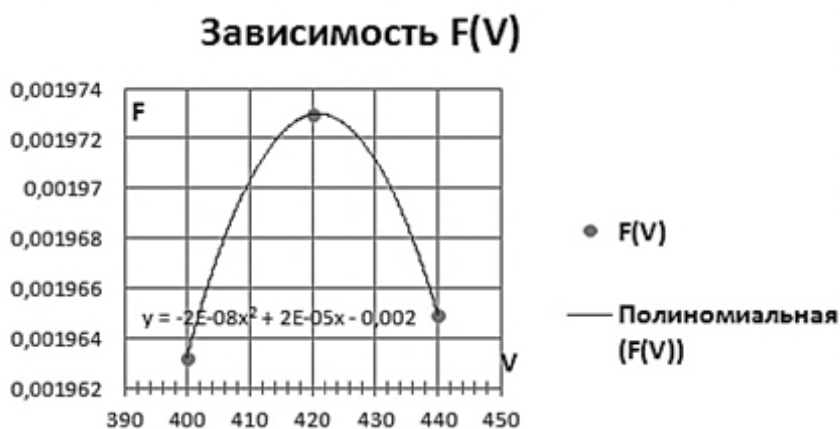


Рис. 30. Диаграмма с добавленной линией тренда и уравнением аппроксимации

Выполненные установки тут же отобразятся на диаграмме (см. рис. 31).

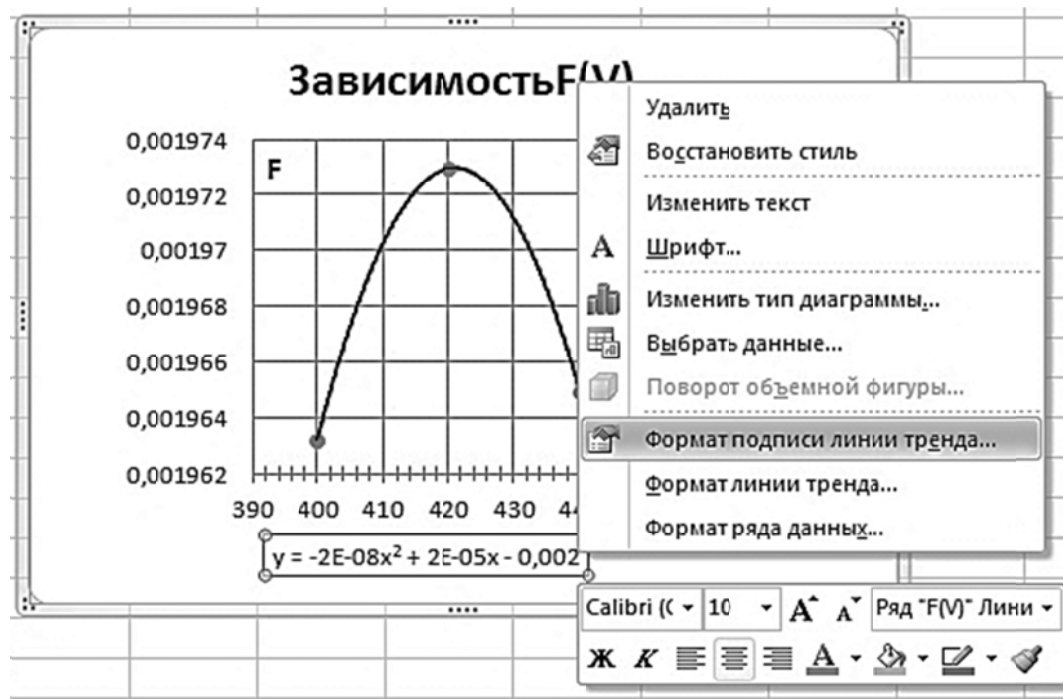


Рис. 31. Контекстное меню при выделении ряда данных  $F(V)$

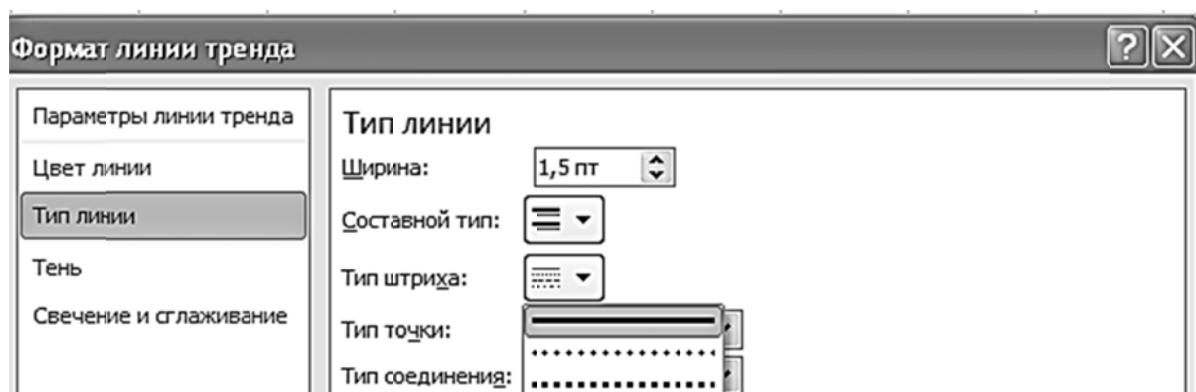


Рис. 32. Диалоговое окно *Формат линии тренда*

- *Настроить параметры подписи линии тренда.* Коэффициенты уравнения аппроксимации отображаются на диаграмме (см. рис. 26) в *Числовом формате* с числом десятичных знаков – 10. Для того чтобы настроить параметры *подписи линии тренда*, выделить уравнение линии тренда на диаграмме, щелкнув правой кнопкой (см. рис. 31). В контекстном меню выбрать команду *Формат подписи линии тренда* (рис. 33).



В разделе *Число* диалогового окна *Формат подписи линии тренда* выполнить нужные настройки (см. рис. 33).

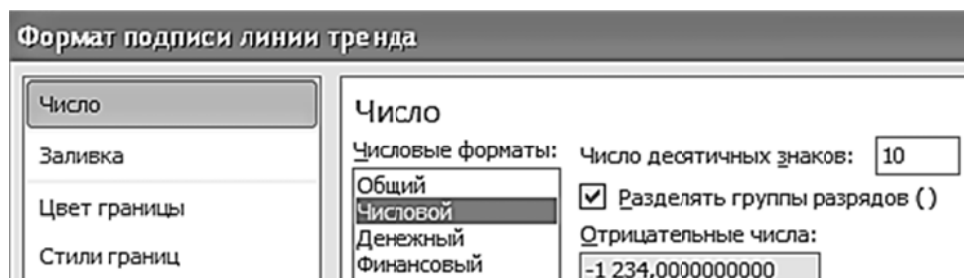


Рис. 33. Диалоговое окно *Формат подписи линии тренда*

Выполненные установки числа десятичных знаков тут же отобразятся на диаграмме (рис. 34):

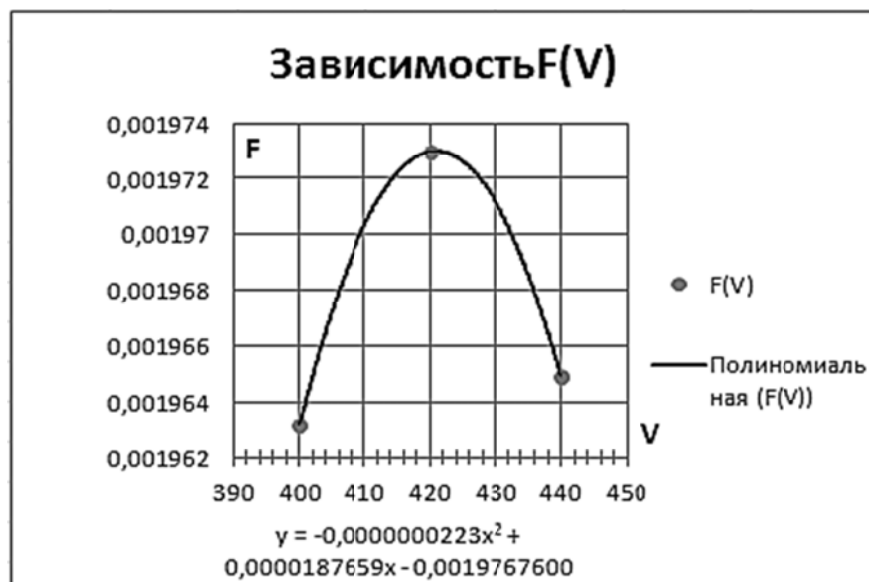


Рис. 34. Диаграмма с выполненными настройками подписи линии тренда

$$\bar{y} = 0,0000000223x^2 + 0,0000187659x + 0,00197676. \quad (31)$$

- По уравнению аппроксимации определить максимум функции, заданной дискретным рядом значений, *аналитическим способом*. Составить уравнение первой производной по аппроксимирующему уравнению линии тренда (31) (см. рис. 26).

$$\frac{d\bar{y}}{dx} = -0,0000000446x + 0,0000187659 = 0.$$

По уравнению первой производной, приравняв его нулю, определить

формулу для вычисления значение корня  $x_k$  уравнения

$$x_k = 0,0000187659 / 0,0000000446. \quad (32)$$

Принимая во внимание, что уравнение аппроксимации (31) описывает *линию тренда* функциональной зависимости  $F(V)$ , заданной дискретным рядом значений, то вычисленное по формуле (32) значение корня уравнения первой производной  $x_k$  является значением наиболее вероятной скорости  $V_b$ , при котором функция  $F(V)$  принимает максимальное значение. Подставив полученное значение  $V_b$  в формулу (30) получим значение температуры газа  $T$ , при которой проводилось экспериментальное исследование.

6. Создать электронную таблицу вычисления  $V_b$  по формуле (32) и температуры  $T$  по формуле (30). Фрагмент электронной таблицы приведен на рис. 35. Для вычисления  $V_b$  ввести значения числителя и знаменателя формулы (32) в ячейки: 0,0000000446 в B16; 0,0000187659 в C16. В ячейку D16 ввести формулу вида:

$$=C16/B16.$$

E16		fx		=D16^2*A\$2/(2*A\$1)				
	A	B	C	D	E	F	G	H
14	298,15			420	297,027	1,123	0,377%	23,8
15				420,5	297,734	0,416	0,139%	8,8
16		4,46E-08	1,87659E-05	420,76	298,103	0,047	0,016%	

Рис. 35. Фрагмент электронной таблицы вычисления температуры газа на основе аналитической обработки уравнения аппроксимации

Подставить значение  $V_b$  в ячейке D16 в формулу (30). Ввести в ячейку E16 формулу  $=D16^2*A$2/(2*A$1)$ . Для этого применить способ копирования формулы в ячейке E15 «*протаскивание указателя мыши*» – подвести указатель мыши к «черному квадратику» в правом нижнем углу ячейки E15, курсор примет вид «черного крестика», протащить «крестик» в ячейку E16. В результате копирования формула будет преобразована на основе *действия механизма относительной адресации*. В ячейку E16 будет возвращено значение  $T$ , равное 298,103.

7. Сравнить значение  $T$ , которое получено аналитическим способом, со значением 298,15 (фактическим значением температуры газа) в ячейке A14. В ячейку F16 ввести формулу для вычисления абсолютной погрешности  $\Delta(T)$  вида:

$$=A\$14-E16.$$

Для ввода формулы в ячейку F16 применить способ копирования формулы в ячейке F14 «*протаскивание указателя мыши*» (см. п. 6). Значение  $\Delta(T)$ , равное 0,047, возвращено в ячейку F16 (см. рис 35). В ячейку G16 ввести формулу для вычисления относительной погрешности  $\delta(T)$  вида:

$$=F16/A\$14.$$

Для ввода формулы в ячейку G16 применить способ копирования формулы в ячейке G15 «*протаскивание указателя мыши*» (см. п. 6). Значение  $\delta(T)$ , равное 0,016%, возвращено в ячейку G16 (см. рис 35).

6. Сравнить погрешности в определении значения температуры газа  $T$  на основе дискретного ряда значений функции распределения  $F(V)$  тремя способами – *табличным, графическим и аналитическим* (см. табл. 26) по сравнению со значением  $T=298,15$ , при которой проводились измерения.

Таблица 26

Сравнительная оценка результатов вычислений  $T$  на основе дискретного ряда значений  $F(V)$

Способ	Результат вычислений	Абсолютная погрешность $T-298,15$	Относительная погрешность, % $(T-298,15)/298,15 \cdot 100$
Табличный	297,027	1,123	0,377
Графический	297,734	0,416	0,139
Аналитический	298,103	0,047	0,016

Для того чтобы сравнить погрешности в определении значения  $T$  табличным (G14), графическим (G15) и аналитическим (G16) способами, необходимо определить их соотношение. В ячейку H14 ввести формулу

=G14/G\$16. В ячейку H15 ввести формулу =G15/G\$16, применив способ копирования формулы в ячейке H14 «протаскивание указателя мыши» (см. п. 6).

Применение аналитических методов при обработке дискретного ряда значений, полученных в процессе экспериментальных исследований, позволило определить значение температуры газа с погрешностью по отношению к фактическому значению температуры (298,15), равной 0,016% (см. рис. 35). Погрешности табличного и графического способов определения  $T$  при дискретности значении скорости  $V$ , равной 20 м/с больше, чем погрешность аналитического способа, в 23,8 раза (H14) и 8,8 раза (H15), соответственно (см. рис. 35). Достижение меньшей погрешности табличным способом потребовало бы увеличения количества измерений  $F(V)$  при меньшей дискретности значений скорости  $V$ .

E16		fx		=D16^2*A\$2/(2*A\$1)				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	8,3144			-1,00E+22	0			
2	0,028	300	0,001639747	0,001639747	0			
3	11	320	0,001739485	0,001739485	0			
4		340	0,001822648	0,001822648	0			
5		360	0,001888044	0,001888044	0			
6		380	0,001934969	0,001934969	0			
7		400	0,0019632	0,0019632	0			
8		420	0,001972962	0,001972962	420			
9		440	0,001964892	0,001972962	420			
10		460	0,001939993	0,001972962	420			
11		480	0,001899573	0,001972962	420			
12		500	0,001845187	0,001972962	420			
13			0,001972962					
14	298,15			420	297,027	1,123	0,377%	23,8
15				420,5	297,734	0,416	0,139%	8,8
16		4,46E-08	1,87659E-05	420,76	298,103	0,047	0,016%	

Рис. 36. Электронная таблица вычисления температуры газа на основе аналитической обработки уравнения аппроксимации для таблицы данных функции распределения

Электронная таблица вычисления температуры газа на основе аналитической обработки уравнения аппроксимации для таблицы данных функции распределения приведена на рис. 36.

*Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel*

Операции по реорганизации электронной таблицы (см. рис. 36) придание ей формы выходного документа MS Excel (прил. 4) приведены в табл. 27.

Таблица 27

№ п/п	Операция	Действия пользователя «Редактирование электронных таблиц»
1	2	3
1	Вставить новые строки 1-14	См. п. 1, табл. 8 (пример 1)
2	Ввести текст в новые строки 1-9,11-13,27-31	См. п. 2, табл. 8. Ввести в ячейки: A1 – «Пример 4 «Определение координат максимума функции распределения; A2 – «по таблице значений (Разветвляющийся алгоритм)»; A3 – «Пусть дана таблица с $n$ числовыми значениями функции распределения $F_i=F(V_i)$ »; A4 – «молекул газа $M$ , полученными в результате экспериментальных исследований.»; A5 – «Определить значение $T$ , при которой проводился эксперимент.»; A6 – «Математическое обоснование»; A7 – «Максимум функции $FM$ достигается при наиболее вероятной скорости $FM=F(V_B)$ »; A8 – «Наиболее вероятная скорость $V_B$ связана с молярной массой газа $M$ »; A9 – «и температурной $T$ зависимостью»; A11 – «Преобразуем выражение»; A12 – «к виду, в котором неизвестная величина $T$ выражается через $R$ и $M$ »; A13 – «Ввод исходных данных»; D13 – «Таблица значений $F(V)$ и поиск максимума»; D14 – «№п/п»; E14 – « $V$ »; F14 – « $F(V)$ »; G14 – «Поиск $FM$ »; H14 – «Поиск $V_B$ »; A27 – «Встроенная статистическая функция МАКС (ряд чисел)»; A28 – «Способ определения максимума»; A29-A31 – «Табличный», «Графический», «Аналитический» соответственно; D28-G28 – « $V_B$ », « $T$ », « $\Delta(T)$ », « $\delta(T)$ » соответственно

1	2	3
3	Вставить формулы в строку 10	$V_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}} ; T = \frac{V_B^2 M}{2R}$ <p>Вставка формул см. п. 15, табл. 8</p>
4	Вставить новые ячейки в диапазон A15:B30 и D15:D30	Вставить новые ячейки «со сдвигом вправо» (см. п. 4, табл. 8)
5	Вести текст в строки 15-17, 28. Выровнять текст «по правому краю»	Ввести в ячейки: A15 - «R, Дж/(К моль) =»; A16 – «M(N <sub>2</sub> ), кг/моль=»; A17 – «n». Выделить и объединить ячейки A28 и B28, в ячейку A28 ввести текст – «T, К=». Объединение ячеек, (см. п. 5, табл. 8). Выравнивание «по правому краю», (см. п. 6, табл. 8)
6	Выровнять «по левому краю» числа в ячейках C15:C17	Выравнивание (см. п.5)
7	Заполнить диапазон ячеек D16:D26 последовательностью чисел от 0 до 11	Использовать функцию <i>Автозаполнение</i> MS Excel. См. п. 11, табл. 13 (пример 2)
8	Выровнять данные в ячейках D16:E26	Выравнивание данных по центру» (см. п.5)

1	2	3
9	Выполнить форматирование строк 1,2,6,13	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 17, табл. 8
10	Выполнить форматирование строк 3-5, 7-12.	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 18, табл. 8
11	Добавить границы для таблицы данных (диапазон D14:H26)	Границы для таблицы данных добавляются отдельно для диапазона D14:H14, а затем для диапазона D15:H26. Убрать с экрана <i>Сетку</i> (см. п. 3.3.8)
12	Добавить границы для таблицы данных (диапазон D28:G31)	Границы для таблицы данных добавляются отдельно для диапазона D28:G28, а затем для диапазона D29:G31. Убрать с экрана <i>Сетку</i> (см. п. 3.3.8)
13	Форматировать элементы диаграмм (см. п. 17, табл. 13 пример 2)	Форматировать диаграммы (рис. 23, 24, 26). Диаграммы (рис. 24 и 26) разместить на стр. 2

#### 4.3.4. Ранжирование дискретного ряда числовых значений (пример 5)

Ранжирование – это процесс преобразования дискретного ряда значений на основе упорядочения элементов ряда по возрастанию

$$x_{\min} = x'_1 \leq x'_2, \dots, \leq x'_i, \dots, \leq x'_{n-1} \leq x'_n = x_{\max} \quad (33)$$

или по убыванию

$$x_{\max} = x'_1 \geq x'_2, \dots, \geq x'_i, \dots, \geq x'_{n-1} \geq x'_n = x_{\min}, \quad (34)$$

где  $i$  – это ранг элемента ряда значений,  $i \in [1, n]$ .

В результате преобразования получим *ранжированный ряд* в виде возрастающей (33) или убывающей (34) по значению элемента ряда числовой последовательности.

В общем случае алгоритм ранжирования элементов ряда может отличаться в зависимости от значения  $n$ .

1. Ранжирование ряда из трех ( $n=3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность.
2. Ранжирование ряда из  $n$  ( $n>3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность.

#### 4.3.4.1. Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность (пример 5.1)

*Постановка задачи «Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность».*

Пусть дан ряд значений  $M$  ( $M_1, M_2, M_3$ ) молярных масс газов азота ( $N_2$ ), водорода ( $H_2$ ) и кислорода ( $O_2$ ) (табл. 28). Вычислить ряд значений максимума функции распределения  $FM$  ( $FM_1, FM_2, FM_3$ ) молекул газов с при постоянной температуре  $T=300$  К по формуле (7). Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газов и молярной массы  $FM(M)$  в виде диаграммы типа «График», упорядочив ряд значений  $M$  в виде убывающей последовательности (см. рис. 4).

Таблица 28

Ряд значений молярных масс  $M$  газов

Элемент ряда	$M_1$	$M_2$	$M_3$
$M$ , кг/моль	$M(N_2)=0,028$	$M(H_2)=0,002$	$M(O_2)=0,032$

*Алгоритм ранжирования ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность*

Пусть даны три величины  $A, B, C$ , которые могут принимать различные (не равные между собой) числовые значения. Требуется преобразовать исходный ряд значений в возрастающую последовательность ( $x_{\min}, x_{\text{ср}}, x_{\max}$ ).

Для определения  $x_{\min}, x_{\text{ср}}, x_{\max}$  требуется сравнить значения величин  $A, B$  и  $C$  между собой с помощью логических выражений. Логическое выражение представляет собой две величины, связанные знаком *операции*



отношений  $>$  (больше), например  $A > B$ ,  $A > C$  и т. д. В качестве результата операции отношения может быть одно из двух значений: ИСТИНА или ЛОЖЬ.

*Определение максимального по значению элемента ряда  $A, B, C$ .*

Чтобы  $x_{\max} = A$ , логическое выражение

$$A > B \wedge A > C, \quad (35)$$

где  $\wedge$  – знак операции *Логическое И* (см. табл. 20), должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\max} = B$ , логическое выражение (35) должно иметь значение ЛОЖЬ, а выражение

$$B > C \quad (36)$$

должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\max} = C$ , логические выражения (35) и (36) должны иметь значение ЛОЖЬ.

На языке Pascal алгоритм определения максимального по значению элемента ряда  $A, B, C$  можно записать в виде следующего оператора:

$$XMAX := \text{IF}(A > B \text{ And } A > C) \text{ THEN } A \text{ ELSE IF}(B > C) \text{ THEN } B \text{ ELSE } C, \quad (37)$$

где And – обозначение операции *Логическое И*.

Для программирования анализа ситуации и выбора (принятие) решения в электронных таблицах используется логическая функция ЕСЛИ() с вложениями. Структура функции ЕСЛИ() с вложениями соответствует варианту «Выбор-иначе» базовой структуры «ветвление» (см. п. 4.3).

Алгоритм определения максимального по значению элемента ряда  $A, B, C$  можно представить в виде логического выражения функции ЕСЛИ():

$$\text{ЕСЛИ}(\text{И}(A > B; A > C); A; \text{ЕСЛИ}(B > C; B; C)), \quad (38)$$

в котором проверяются два логических условия.

Логическое выражение (38) представляет собой функцию ЕСЛИ(), в которой вместо аргумента *значение, если ЛОЖЬ* вложена функция ЕСЛИ():

ЕСЛИ(*логическое условие 1; значение, если ИСТИНА;*

ЕСЛИ(*логическое условие 2; значение, если ИСТИНА; значение, если ЛОЖЬ*)).

*Определение минимального по значению элемента ряда A, B, C.*

Чтобы  $x_{\min}=A$ , логическое выражение

$$\text{НЕ}(A>B) \text{ And } \text{НЕ}(A>C), \quad (39)$$

где НЕ – обозначение операции *Логическое НЕ* (см. табл. 20), должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\min}=B$ , логическое выражение (39) должно иметь значение ЛОЖЬ, а выражение

$$\text{НЕ}(B>C) \quad (40)$$

должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\min}=C$ , логические выражения (39) и (40) должны иметь значение ЛОЖЬ.

На языке Pascal алгоритм определения минимального по значению элемента ряда A, B, C можно записать в виде следующего оператора:

$$\begin{aligned} \text{XMAX:=IF(Not(A>B) And Not(A>C) THEN A ELSE IF(Not(B>C)} \\ \text{THEN B ELSE C)),} \end{aligned} \quad (41)$$

где Not – обозначение операции *Логическое НЕ*.

Алгоритм определения минимального по значению элемента ряда A, B, C в виде логического выражения функции ЕСЛИ(), в котором проверяются два логических условия, имеет вид

$$\text{ЕСЛИ(И(НЕ(A>B);НЕ(A>C); A; ЕСЛИ(НЕ(B>C); B; C)).} \quad (42)$$

*Определение среднего по значению элемента ряда A,B,C.*

Чтобы  $x_{\text{ср}}=A$ , логическое выражение

$$(\text{НЕ}(A>B) \wedge A>C) \vee (A>B \wedge \text{НЕ}(A>C)), \quad (43)$$

где  $\vee$  – знак операции *Логическое ИЛИ* (см. табл. 20), должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\text{ср}}=B$ , логическое выражение (43) должно иметь значение ЛОЖЬ, а выражение

$$(A>B \wedge B>C) \vee (\text{НЕ}(A>B) \wedge \text{НЕ}(B>C)) \quad (44)$$

должно иметь значение ИСТИНА.

Чтобы  $x_{\text{ср}}=C$ , логические выражения (43) и (44) должны иметь значение ЛОЖЬ.

На языке Pascal алгоритм определения среднего по значению элемента ряда A, B, C можно записать в виде следующего оператора:

XMAX:=IF((Not(A>B) And A>C) Or (A>B And Not(A>C))) THEN A ELSE  
IF((A>B And B>C) Or (Not(A>B) And Not(B>C))) THEN B ELSE C)), (45)

где Or – обозначение операции *Логическое* ИЛИ.

Алгоритм определения среднего по значению элемента ряда A, B, C в виде логического выражения функции ЕСЛИ(), в котором проверяется два логических условия, может быть представлен в следующем виде:

ЕСЛИ(ИЛИ(И(НЕ(A>B); A>C); И(A>B; НЕ(A>C)))); A;  
ЕСЛИ(ИЛИ(И(A>B; B>C); И(НЕ(A>B; НЕ(B>C)))); B; C)). (46)

*Электронная таблица преобразования (перестановки) ряда значений на основе ранжирования.*

Электронная таблица преобразования (перестановки) ряда значений  $FM (FM_1, FM_2, FM_3)$  на основе ранжирования ряда значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в убывающую последовательность ( $M_{\text{макс}}, M_{\text{ср}}, M_{\text{мин}}$ ) приведена на рис. 37.

E1					fx		
					=ЕСЛИ(И(C1;C2);B1;ЕСЛИ(C3;B2;B3))		
	A	B	C	D	E	F	G
1	0,028	0,001967	ИСТИНА	ЛОЖЬ	0,002103		
2	0,002	0,000526	ЛОЖЬ	ИСТИНА	0,001967		
3	0,032	0,002103	ЛОЖЬ	ИСТИНА	0,000525		
4	300						
5	8,3144	0,011754					

Рис. 37. Электронная таблица перестановки ряда значений  $FM (FM_1, FM_2, FM_3)$  на основе ранжирования ряда значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в убывающую последовательность

Планирование электронной таблицы приведено в табл. 29.

Для создания электронной таблицы (см. рис. 37) необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести числовые значения исходных данных:  $M(N_2)$ ,  $M(H_2)$ ,  $M(O_2)$ , T в ячейки диапазона A1:A4 соответственно; R – в ячейку B5 (см. рис. 37).
2. Вычислить ряд значений  $FM (FM_1, FM_2, FM_3)$  по формуле (7).

## Планирование электронной таблицы

№ п/п	Обозначение	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке
1	$M_1, M_2, M_3$	A1:A3	0,028;0,002;0,032	0,028;0,002; 0,032
2	T	A4	300	300
3	R	A5	8,314	8,314
4	Z	B5	=4/EXP(1)*КОРЕНЬ(1/(2*A5* A4*ПИ()))	0.0117544
3	$FM_1$	B1	=B5* КОРЕНЬ(A1)	0,001967
	$FM_2$	B2	=B5* КОРЕНЬ(A2)	0,000526
	$FM_3$	B3	=B5* КОРЕНЬ(A3)	0,002103
3	A>B	C1	=ЕСЛИ(A1>B1; ИСТИНА;ЛОЖЬ)	ИСТИНА
4	A>C	C2	=ЕСЛИ(A1>C1; ИСТИНА;ЛОЖЬ)	ЛОЖЬ
5	B>C	C3	=ЕСЛИ(A2>C1; ИСТИНА; ЛОЖЬ)	ЛОЖЬ
6	НЕ(A>B)	D1	=НЕ(D1)	ЛОЖЬ
7	НЕ(A>C)	D2	=НЕ(D2)	ИСТИНА
8	НЕ(B>C)	D3	=НЕ(D3)	ИСТИНА
9	$M_{\text{макс}}$	E1	=ЕСЛИ(И(C1;C2);B1;ЕСЛИ(C3; B2;B3))	0,02103
10	$M_{\text{ср}}$	E2	=ЕСЛИ(ИЛИ(И(D1;C2);И(C1;D2)); B1;ЕСЛИ(ИЛИ(И(C1;C3); И(D1;C3));B2;B3))	0,001967
11	$M_{\text{мин}}$	E3	=ЕСЛИ(И(D1;D2);B1;ЕСЛИ(D3; B2;B3))	0,000526

Преобразовать формулу (7) – выделить часть выражения, которая не зависит от молярной массы газа вида (47), вводимого в ячейку B5 (рис. 38).

$$=4/\text{EXP}(1)*\text{КОРЕНЬ}(1/(2*A5*A4*\text{ПИ}())). \quad (47)$$

B5		fx		=4/EXP(1)*КОРЕНЬ(1/(2*A5*A4*ПИ()))			
	A	B	C	D	E	F	G
1	0,028	0,001967	ИСТИНА	ЛОЖЬ			
2	0,002	0,000526	ЛОЖЬ	ИСТИНА			
3	0,032	0,002103	ЛОЖЬ	ИСТИНА			
4	300						
5	8,3144	0,0117544					

Рис. 38. Вычисление ряда значений  $FM$  ( $FM_1, FM_2, FM_3$ )

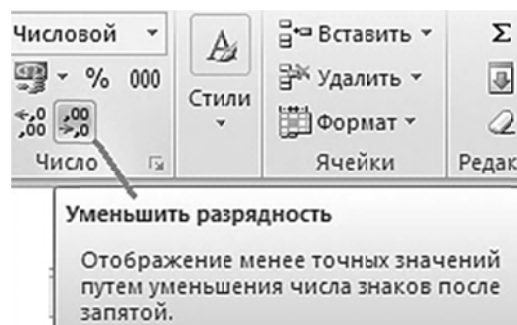
Выделить диапазон B1:B3. В ячейку B1 ввести формулу вычисления значения  $FM_1$  для молярной массы  $M(N_2)$ :

$$=B5*\text{КОРЕНЬ}(A1).$$

Ввод функции КОРЕНЬ произвести с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2). Ввод адресной ссылки произвести, щелкнув мышью на ячейке A1 (*автоматическим способом*).

3. Выполнить копирование формулы в ячейке B1 на диапазон B1:B3 (удерживая клавишу <Ctrl>, нажать клавишу <Enter>) для *автоматического ввода формул* в ячейки диапазона с учетом действия *механизма относительной адресации* при копировании формулы.

4. Отформатировать значения в диапазоне B1:B3 до четырех разрядов после запятой, щелкнув на кнопке *Уменьшить разрядность* в группе *Число* вкладки *Главная* Ленты (см. рис.).



5. Вычислить значение логического выражения  $M_1 > M_2$ . Ввести в ячейку C1 формулу (48):

$$=\text{ЕСЛИ}(A1>A2;\text{ИСТИНА};\text{ЛОЖЬ}). \quad (48)$$

Ввод формулы произвести с помощью средства *Автозавершение формулы*

(см. п. 2). Ввод адресных ссылок произвести, щелкнув на ячейках A1 и A2 мышью (*автоматическим способом*) (рис. 39).

C1		fx		=ЕСЛИ(A1>A2;ИСТИНА;ЛОЖЬ)			
	A	B	C	D	E	F	G
1	0,028	0,001967	ИСТИНА				
2	0,002	0,000526					
3	0,032	0,002103					
4	300						
5	8,3144	0,011754					

Рис. 39. Вычисление значения логического выражения  $M_1 > M_2$ .

6. Вычислить значение логического выражения  $M_1 > M_3$ . Ввести в ячейку C2 формулу (49):

$$=ЕСЛИ(A1>A3;ИСТИНА;ЛОЖЬ). \quad (49)$$

Для ввода формулы применить копирование формулы (48) в ячейке C1. Для копирования формулы применить *способ копирования формулы в ячейке через строку формул*. Выделить ячейку C1, выделить формулу в строке формул, применив «протаскивание указателя мыши» по формуле, скопировать выделенную формулу в буфер обмена, нажав клавиши <Ctrl>+<C>, завершить копирование, нажав клавишу <Esc>. Для того чтобы вставить формулу в выделенную ячейку C2, установить курсор ввода в строке формул и нажать клавиши <Ctrl>+<V>. Выполнить редактирование адресации в формуле (49) с учетом замены A2 на A3. Результат – значение ЛОЖЬ будет возвращено в ячейку C2 (рис. 40).

7. Вычислить значение логического выражения  $M_2 > M_3$ . Ввести в ячейку C3 формулу (50), применив *способ копирования формулы в ячейке C2 через строку формул* (см. п. 6).

$$=ЕСЛИ(A2>A3;ИСТИНА;ЛОЖЬ). \quad (50)$$

Выполнить редактирование адресации в формуле (50), заменив A1 на A2. Результат – значение ЛОЖЬ будет возвращено в ячейку C3 (см. рис. 40).

8. Вычислить значения логических выражений НЕ(A1>A2), НЕ(A1>A3), НЕ(A2>A3). Выделить диапазон ячеек D1:D3. Ввести в ячейку D1

формулу  $=НЕ(A1>A2)$  (см. рис. 40). Выполнить копирование формулы в ячейке D1 на диапазон D1:D3, применив способ *автоматического ввода формул* в ячейки диапазона с учетом действия механизма *относительной адресации* при копировании ( $\langle Ctrl \rangle + \langle Enter \rangle$ ) (см. п. 3).

D1		fx		=НЕ(C1)	
	A	B	C	D	
1	0,028	0,001967	ИСТИНА	ЛОЖЬ	
2	0,002	0,000526	ЛОЖЬ	ИСТИНА	
3	0,032	0,002103	ЛОЖЬ	ИСТИНА	
4	300				
5	8,3144	0,011754			

Рис. 40. Вычисление значений операции отрицания логических выражений (48-50)

9. Вычислить  $FM(M_{\text{макс}})$ . В ячейку E1 ввести формулу (51) (см. рис. 37), применив *способ ввода формулы* с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. п. 2). Ввод адресных ссылок произвести, щелкнув на ячейках мышью (*автоматическим способом*).

$$=ЕСЛИ(И(C1;C2);B1;ЕСЛИ(C3;B2;B3)). \quad (51)$$

Результат вычислений – значение  $FM(M_{\text{макс}})=0,0103$  будет возвращено в ячейку E1 (см. рис. 37).

10. Вычислить  $FM(M_{\text{ср}})$ . В ячейку E2 ввести формулу (52), применив *способ копирования формулы* в ячейке E1 *через строку формул* (см. п. 6). Выполнить редактирование адресных ссылок в формуле (52), продолжить набирать формулу и заменить адреса ячеек. Результат вычислений – значение  $FM(M_{\text{ср}})=0,0097$  будет возвращено в ячейку E2 (см. рис. 37).

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(И(D1;C2);И(C1;D2));B1; \\ ЕСЛИ(ИЛИ(И(C1;C3);И(D1;C3));B2;B3)). \quad (52)$$

11. Вычислить  $FM(M_{\text{мин}})$ . В ячейку E3 ввести формулу (53), применив *способ копирования формулы* в ячейке E1 *через строку формул* (см. п. 6).

$$=ЕСЛИ(И(D1;D2);B1;ЕСЛИ(D3;B2;B3)). \quad (53)$$

Выполнить редактирование (замену) адресных ссылок в формуле (53).

Результат вычислений – значение  $FM(M_{\min})=0,0026$  будет возвращено в ячейку E3 (см. рис. 37).

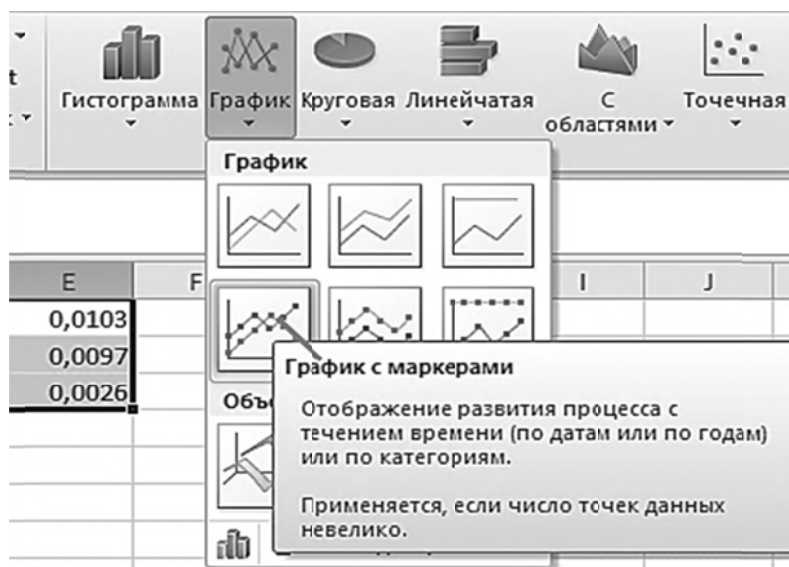


Рис. 41. Создание диаграммы типа *График* для диапазона значений E1:E3

12. Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения и молярной массы  $FM(M)$  в виде диаграммы типа *График*. Выбрать диапазон значений E1:E3. На вкладке *Вставка* Ленты в группе *Диаграммы* выбрать тип – *График*, подтип – *График с маркерами* (рис. 41).

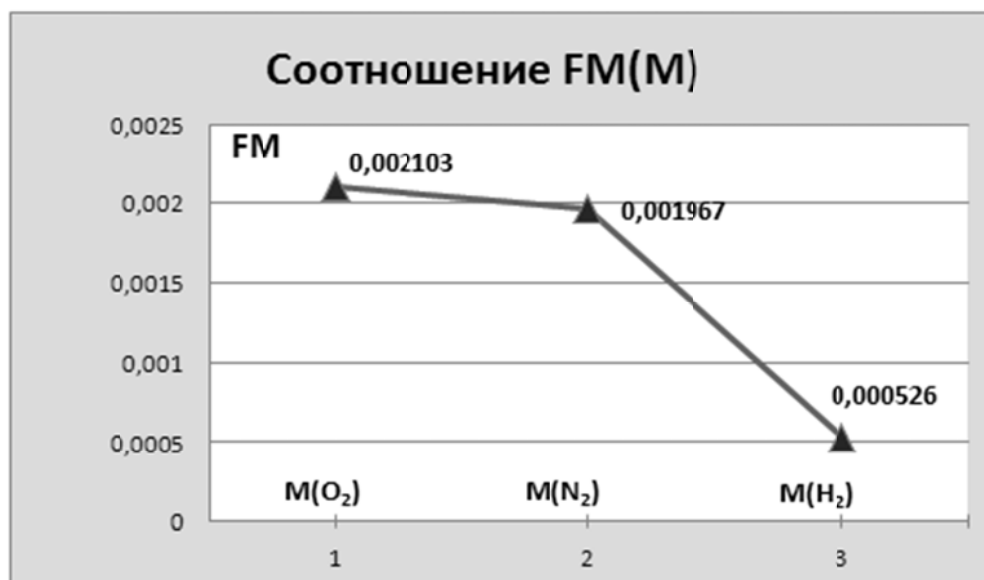


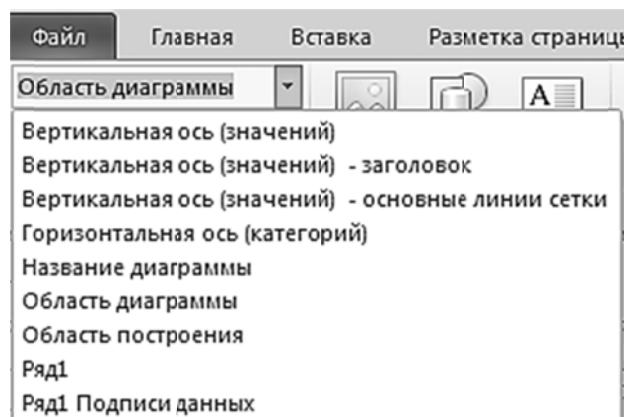
Рис. 42. Отображение соотношения  $FM(M)$  в виде диаграммы *График*

13. Выбрать общий стиль расположения элементов *Макет 1* в коллекции *Макеты диаграмм*. Выполнить редактирование

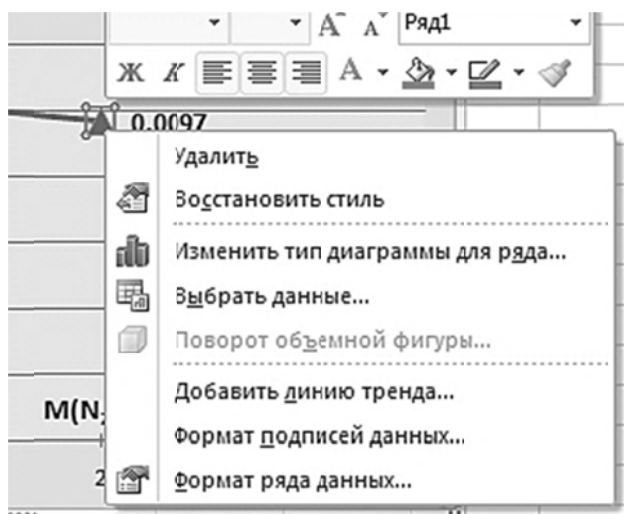


и форматирование диаграммы по образцу (рис. 42), применив средства, которые находятся на вкладках *Конструктор*, *Макет* и *Формат* контекстной вкладки *Работа с диаграммами* Ленты.

14. Для того чтобы выделить отдельный элемент диаграммы, следует щелкнуть его указателем мыши или воспользоваться раскрывающимся списком *Элементы диаграммы*, который находится в левой части вкладки *Макет* Ленты в группе *Текущий фрагмент*. Этот список составляют элементы, которые имеются в текущей диаграмме, как показано на рис.



15. *Настройка отображения ряда и подписей данных.* Значение для каждой точки ряда данных на диаграмме представить средствами *Подписи данных*. Для того чтобы добавить подписи данных на диаграмме, необходимо выделить ряд данных, щелкнув правой кнопкой. Откроется контекстное меню, в котором выбрать команду *Формат подписей данных*, как показано на рис. Откроется диалоговое окно (рис. 43), в котором настройки *Подписи данных* расположены в разделе *Параметры подписи*. Настройки *Ряд данных* средствами раздела *Параметры маркера* диалогового окна *Формат ряда данных* были рассмотрены в примере 4 (см. рис. 28).



16. Добавление надписей на диаграмме. Текстовые надписи на диаграмме предназначены для отображения данных по оси категорий (горизонтальной оси). Для того чтобы создать текстовую надпись,

необходимо щелкнуть на кнопке *Надпись*, которая находится в разделе *Вставка* на вкладке *Макет (Работа с диаграммами)*, и перетащить указатель мыши для создания *контура надписи*. После создания контура отпустить кнопку мыши, в верхнем левом углу *надписи* появится *точка вставки* для ввода текста, который будет отображаться в *надписи*. Добавить три *надписи*  $M(N_2)$ ,  $M(H_2)$ ,  $M(O_2)$ .

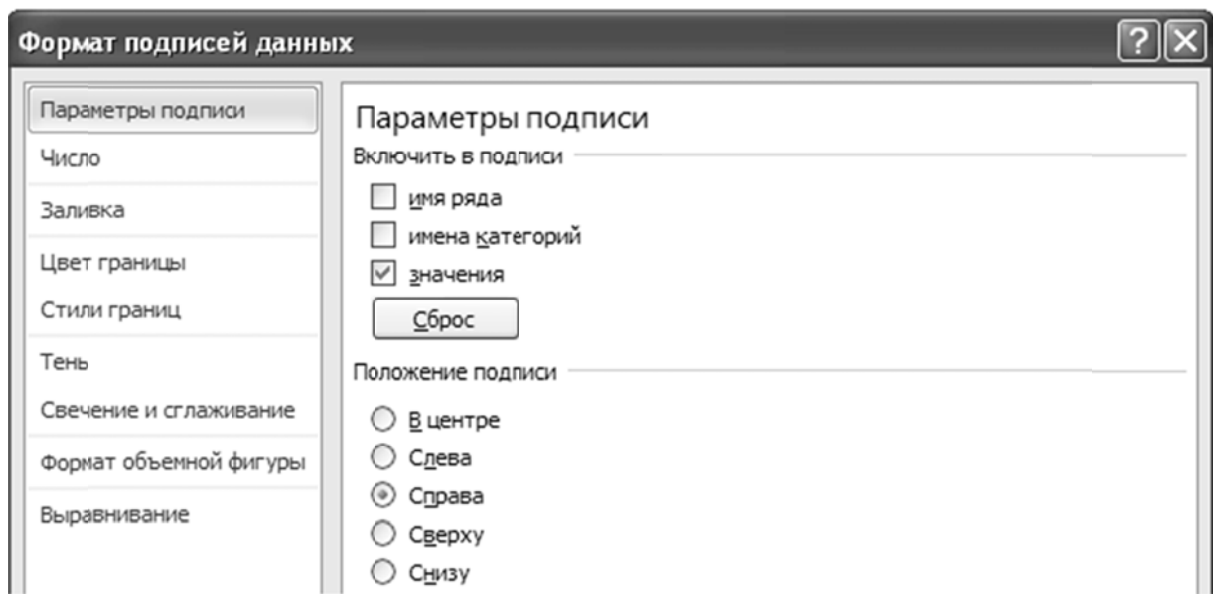


Рис. 43. Диалоговое окно *Формат подписи данных* диаграммы

#### 4.3.4.2. Ранжирование ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность (пример 5.2)

*Постановка задачи ранжирование ряда из  $n$  ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность.*

Пусть даны ряды значений температуры газа кислорода  $O_2$ ,  $T(T_1, T_2, \dots, T_N)$  и максимума функции распределения  $FM$  ( $FM_1, FM_2, \dots, FM_N$ ) молекул газа с молярной массой  $M(O_2)$  для ряда значений температуры. Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газов и температуры газа  $FM(T)$  при постоянной молярной массе  $M$  в виде диаграммы типа *График*, упорядочив ряд значений  $T$  в виде возрастающей последовательности, а ряд значений  $FM$  – убывающей (см. рис. 3).

*Алгоритм ранжирования ряда из  $n$  ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность.*

Пусть дан ряд из  $n$  значений величины  $X(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{n-1}, x_n)$ , который может принимать различные числовые значения. Требуется преобразовать исходный ряд в возрастающую (убывающую) последовательность вида (33).

При исследовании физических процессов для моделирования ряда из  $n$  значений величины  $X(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{n-1}, x_n)$  используются случайные числа. В MS Excel представлено несколько встроенных функций (категория *Математические*) для генерации случайных чисел.

1. Функция СЛЧИС() генерирует равномерное случайное число в интервале (0, 1). Чтобы сгенерировать случайное число в интервале (A,B), можно использовать следующую формулу:

$$=\text{СЛЧИС()}*(B-A)+A.$$

2. Функция СЛУЧМЕЖДУ(число1;число2) генерирует равномерное случайное число в интервале между любыми двумя числами. Аргументы функции СЛУЧМЕЖДУ могут быть заданы числовой константой или адресной ссылкой. Для того чтобы сгенерировать случайное число в интервале (A, B), можно использовать следующую формулу:

$$=\text{СЛУЧМЕЖДУ}(A;B).$$

Чтобы ограничить случайные числа целыми числами, достаточно использовать функцию ОКРУГЛ(число;0):

$$=\text{ОКРУГЛ}(\text{СЛУЧМЕЖДУ}(A; B);0).$$

Например, чтобы заполнить диапазон ячеек B6:B15 равномерными случайными числами на интервале (100; 400) для моделирования ряда «Значения температуры газа»  $T(T_1, T_2, \dots, T_{10})$  (рис. 44) достаточно выполнить следующие действия:

1. Ввести в ячейки A16 и A17 значения 400 и 100 соответственно.

2. Выделить диапазон B6:B15, ввести в ячейку B6 формулу вида

$$=\text{ОКРУГЛ}(\text{СЛУЧМЕЖДУ}(A\$17;A\$16);0). \quad (54)$$

3. Завершить ввод формулы нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Enter> для копирования формулы на диапазон B6:B15.

В ячейки диапазона будут возвращены значения случайных чисел ряда «Значения температуры газа» в интервале (100; 400) (см. рис. 44).

Процесс преобразования выполняется за  $(n-1)$  шагов. На каждом шаге определяется *наименьшее (наибольшее)* значение  $k$ -го ранга (см. (33),(34)).

Процесс преобразования исходного ряда значений в возрастающую последовательность вида (33) основан на поиске *наименьшего* значения вначале *первого ранга*, затем последовательно второго, третьего и т. д.

Процесс преобразования исходного ряда значений в убывающую последовательность вида (34) основан на поиске *наибольшего* значения вначале первого ранга, затем последовательно второго, третьего и т. д.

В MS Excel для преобразования ряда числовых значений, представленного в виде диапазона ячеек, в возрастающую (убывающую) последовательность имеются встроенные *статистические функции*:

НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон, k*),

НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон, k*).

Список аргументов функций содержит ссылку на диапазон ячеек исходного (ранжируемого) ряда и *ранг k* наибольшего (наименьшего) значения ранжированного ряда. Аргументом  $k$  в данных функциях может быть число, адресная ссылка на ячейку или массив значений ряда «*Номер ранга наименьшего (наибольшего) значения*».

Например, чтобы определить наименьшее значение в ячейках диапазона C6:C15 (рис. 44), ранг которого  $k=1$  (*наименьшее значение первого ранга* (см. 33)), достаточно в свободную выделенную ячейку E6 ввести формулу, в которой аргумент  $k$  задан числом 1 вида

$$= \text{НАИМЕНЬШИЙ}(\text{C6:C15}, 1). \quad (55)$$

Результат вычислений – наименьшее значение ряда, представленного в ячейках диапазона C6:C15, будет возвращено в ячейку E6 (см. рис. 44).

Для использования в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки или массива значений необходимо предварительно создать ряд «*Номер ранга наименьшего (наибольшего) значения*». Данный ряд так же, как номер элемента исходного ряда, представляет собой последовательность целых чисел от 1 до  $n$ .

Например, если в ячейку А6 предварительно было введено значение 1, (см. рис. 44), то формула (55) может быть записана в виде

$$= \text{НАИМЕНЬШИЙ}(\$C\$6:\$C\$15, A6). \quad (56)$$

При использовании в качестве аргумента  $k$  массива значений «Номер ранга наименьшего (наибольшего) значения», например А6:А15 (см. рис. 44), действие формулы массива вида

$$\{= \text{НАИМЕНЬШИЙ}(C6:C15, A6:A15)\} \quad (57)$$

будет распространяться на весь ряд значений ранга  $k$  от 1 до 10. В результате ее выполнения будет автоматически заполнен массив ячеек Е6:Е15 ранжированного ряда упорядоченных по возрастанию числовых значений массива С6:С15.

*Электронная таблица ранжирования ряда из  $n$  ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую последовательность.*

Электронная таблица упорядочения рядов значений температуры  $T$  ( $T_1, T_2, \dots, T_{10}$ ) газа кислорода  $O_2$ , в возрастающую последовательность, а максимума функции распределения  $FM$  ( $FM_1, FM_2, \dots, FM_N$ ) молекул газа с молярной массой  $M(O_2)$  – в убывающую, приведена на рис. 44.

B6		fx		=ОКРУГЛ(СЛУЧМЕЖДУ(А\$17;А\$16);0)				
	A	B	C	D	E	F	G	
5								
6	1	308	395	0,001832	109	0,003488		
7	2	332	124	0,003271	116	0,003381		
8	3	336	301	0,002099	124	0,003271		
9	4	197	334	0,001993	203	0,002556		
10	5	101	352	0,001941	206	0,002537		
11	6	357	109	0,003488	295	0,00212		
12	7	360	295	0,00212	301	0,002099		
13	8	387	203	0,002556	334	0,001993		
14	9	201	206	0,002537	352	0,001941		
15	10	266	116	0,003381	395	0,001832		
16	400							
17	100							
18	0,032	8,3144	0,03642					

Рис. 44. Электронная таблица ранжирования рядов из  $n$  значений  $FM$  и  $T$  ( $n=10$ )

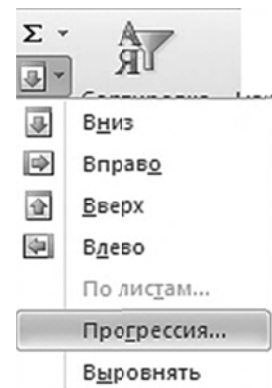
Планирование электронной таблицы приведено в табл. 30.

Таблица 30

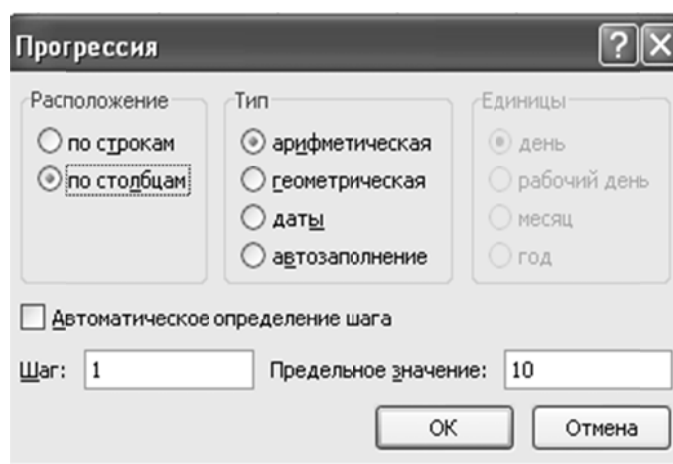
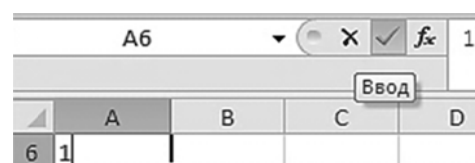
№ п/п	Обозначение	Адрес ячейки	Вводимая информация	Отображение в ячейке
1	Номер элемента ряда	A6:A15	1,2,...,9,10	1,2,...,9,10
2	Границы интер- вала T (400;100), $M(O_2)$ , $R$	A16 A17 A18, B18	400 100 0,032 8,3144	400 100 0,032 8,3144
3	Генерация случай- ных чисел (100;400)	B6:B15	{=ОКРУГЛ(СЛУЧМЕЖДУ (A\$17;A\$16);0)}	Значения в интервале
4	Фиксация случайных чисел	C6:C15	B6:B15, <i>Копирование</i> <i>Специальная вставка,</i> <i>Значение</i>	Фиксирован ные значения T(T <sub>1</sub> ,T <sub>2</sub> ,...,T <sub>10</sub> )
5	Постоянная величина Z	C18	=4/EXP(1)*КОРЕНЬ(A\$18 /(ПИ()*2*B\$18))	0,03642
6	$FM_1$ $FM_{10}$	D6 D15	=C\$18*КОРЕНЬ(1/C6) = C\$18КОРЕНЬ(1/C15)	Значения FM (FM <sub>1</sub> ,... ,FM <sub>10</sub> )
7	Значения T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> ,..., T <sub>10</sub> , упорядоченные по возрастанию	E6 E15	= НАИМЕНЬШИЙ (\$C\$6:\$C\$15,A6) = НАИМЕНЬШИЙ (\$C\$6:\$C\$15,A15)	Ряд значений упорядоченных по возрастанию
8	Значения FM <sub>1</sub> ,..., FM <sub>10</sub> , упорядоченные по убыванию	F6:F15	{= НАИБОЛЬШИЙ (D6:D15,A6:A15)}	Ряд FM, упорядоченных по убыванию
9	Масштабирование FM (1:10000)	G6:G15	{=(F6:F15)*1E4}	Ряд FM в масштабе

Для создания электронной таблицы необходимо выполнить следующие действия.

1. Ввести в диапазон ячеек A6:A15 ряд «Номер элемента ряда». Числовые значения от 1 до 10 имеют одинаковое приращение (шаг), равное 1. Для автоматического заполнения ячеек значениями удобно использовать команду *Прогрессия* (см. рис.), которая открывает диалоговое окно Прогрессия. Команда *Прогрессия* находится в меню кнопки *Заполнить* в разделе *Редактирование* вкладки *Главная* Ленты. Ввести начальное значение ряда, равное 1, в ячейку A6, щелкнуть кнопку *Ввод* в строке формул (см. рис.). Открыть диалоговое окно *Прогрессия*. Переключатель в секции



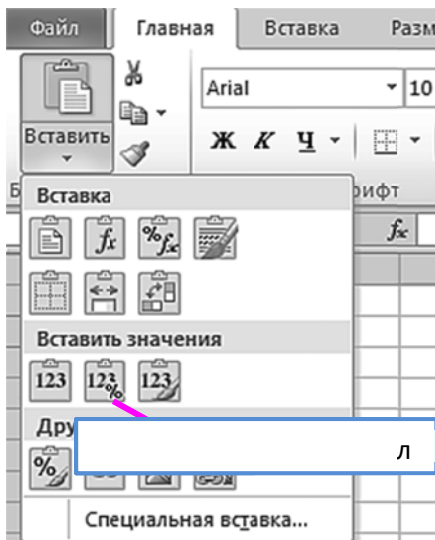
*Тип* задает «по умолчанию» тип – арифметическая. В поле *Шаг* отображается 1 «по умолчанию». Установить переключатель «по столбцам» в поле *Расположение*. Щелкнуть на кнопке ОК – ячейки A6:A15 будут заполнены рядом значений (см. рис. 44).



2. Заполнить диапазон ячеек B6:B15 равномерными случайными числами на интервале (100; 400) для моделирования ряда «Значения температуры газа»  $T (T_1, T_2, \dots, T_{10})$ . Ввести в ячейки A16 и A17 значения 400 и 100 соответственно. Выделить диапазон B6:B15, ввести в ячейку B6 формулу (54). Завершить ввод формулы нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Enter> для копирования формулы на диапазон B6:B15. В ячейки диапазона будут возвращены значения случайных чисел ряда «Значения температуры» в интервале (100; 400) (см. рис. 44).
3. Значение в ячейке, которое возвращается функцией СЛУЧМЕЖДУ,

изменяется всякий раз при вводе данных в *Рабочий лист* электронной таблицы. Чтобы зафиксировать ряд «Значения температуры газа», необходимо:

- выделить диапазон ячеек B6:B15 (щелкнуть ячейку B6, удерживая клавишу <Shift>, щелкнуть ячейку B15);
- выполнить операцию *Копирования* диапазона, содержащего формулы (см. рис. 44), в буфер обмена (нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<C>);



- выделить ячейку C6, преобразовать все содержащиеся в диапазоне формулы в вычисленные по ним значения на основе существующих данных и поместить их в диапазон вставки C6:C15 с помощью выбора параметра *Вставить значения и форматы чисел* в раскрывающемся меню кнопки *Вставить* в разделе *Буфер обмена* вкладки *Главная* Ленты, как показано на рис.

4. Заполнить диапазон ячеек D6:D15 значениями максимумов функции распределения  $FM(FM_1, FM_2, \dots, FM_9, FM_{10})$ , которые вычислить по формуле (7). Преобразовать формулу, выделив часть выражения, которая не зависит от температуры газа  $T$ , вида

$$=4/EXP(1)*КОРЕНЬ(A\$18/(ПИ()*2*B\$18)),$$

и ввести в ячейку C18 (см. рис. 44). Выделить диапазон D6:D15, в ячейку D6 ввести формулу (57). Ввод функции КОРЕНЬ произвести с помощью средства *Автозавершение формулы* (см. ввод функции КОРЕНЬ в примере 2). Ввод адресных ссылок произвести, щелкнув мышью: на ячейках A18 и C6 (*автоматическим способом*), дважды на кнопке <F4> для ввода символа \$.

$$=C\$18*КОРЕНЬ(1/C6). \quad (57)$$

5. Завершить ввод формулы (57) нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Enter> для копирования формулы на диапазон D6:D15.



В ячейки диапазона будут возвращены значения максимумов функции распределения  $FM$  ( $FM_1, FM_2, \dots, FM_9, FM_{10}$ ) (см. рис. 44).

6. Упорядочить ряд значений температуры газа кислорода  $O_2$ ,  $T$  ( $T_1, T_2, \dots, T_{10}$ ), представленный в диапазоне C6:C15, в виде возрастающей последовательности (33). Ряд «Номер ранга наименьшего (наибольшего) значения» представлен в диапазоне A6:A16. Выделить диапазон ячеек E6:E15, в свободную выделенную ячейку E6 ввести формулу (56). Ввод функции НАИМЕНЬШИЙ произвести с помощью средства Автозавершение формулы, а ввод адресных ссылок произвести автоматическим способом (см. ввод формулы (57), п 4). Аргумент  $k$  задан адресной ссылкой A6. Завершить ввод формулы (56) нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Enter> для копирования формулы на диапазон E6:E15. В ячейки диапазона будут возвращены значения температуры, упорядоченные по возрастанию (см. рис.):

E6		fx		=НАИМЕНЬШИЙ(\$C\$6:\$C\$15;A6)			
	A	B	C	D	E	F	G
5							
6	1	308	395	0,0018	109		
7	2	332	124	0,0033	116		
8	3	336	301	0,0021	124		
9	4	197	334	0,0020	203		
10	5	101	352	0,0019	206		
11	6	357	109	0,0035	295		
12	7	360	295	0,0021	301		
13	8	387	203	0,0026	334		
14	9	201	206	0,0025	352		
15	10	266	116	0,0034	395		
16	400						
17	100						
18	0,032	8,3144	0,03642				

7. Упорядочить ряд значений максимумов функции распределения  $FM$  ( $FM_1, FM_2, \dots, FM_9, FM_{10}$ ), представленный в диапазоне D6:D15 в виде убывающей последовательности (34). Ряд «Номер ранга наименьшего (наибольшего) значения» представлен в диапазоне A6:A16. Выделить диапазон ячеек F6:F15, в свободную выделенную ячейку F6 ввести

формулу массива вида (58), в которой аргумент  $k$  задан массивом значений A6:A15 (см. (56)). Ввод функции НАИБОЛЬШИЙ произвести с помощью средства *Автозавершение формулы*, а ввод адресных ссылок произвести *автоматическим способом* (см. ввод формулы (57), п 4).

$$= \text{НАИБОЛЬШИЙ}(D6:D15, A6:A15) . \quad (58)$$

8. Завершить ввод формулы массива (58) нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. MS Excel автоматически заключит формулу в фигурные скобки и скопирует ее в каждую ячейку диапазона массива F6:F15. В ячейки диапазона будут возвращены значения FM, упорядоченные по убыванию, как показано на рисунке.

F6		fx {=НАИБОЛЬШИЙ(D6:D15;A6:A15)}					
	A	B	C	D	E	F	G
5							
6	1	308	395	0,0018	109	0,0035	
7	2	332	124	0,0033	116	0,0034	
8	3	336	301	0,0021	124	0,0033	
9	4	197	334	0,0020	203	0,0026	
10	5	101	352	0,0019	206	0,0025	
11	6	357	109	0,0035	295	0,0021	
12	7	360	295	0,0021	301	0,0021	
13	8	387	203	0,0026	334	0,0020	
14	9	201	206	0,0025	352	0,0019	
15	10	266	116	0,0034	395	0,0018	
16	400						
17	100						
18	0,032	8,3144	0,03642				

Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газа и температуры газа  $FM(T)$  при молярной массе  $M$  в виде внедренной диаграммы типа *График* (рис. 45).

Для создания внедренной диаграммы (см. рис. 45) нужно выполнить следующие действия.

1. Данные ряда значений максимума функции распределения  $FM(T)$  представить на графике в масштабе 1:100000. Для этого выделить диапазон ячеек G6:G15 и заполнить масштабированными значениями  $FM$ . Ввести в ячейку G6 формулу =F6\*1E4. Завершить ввод формулы

нажатием комбинации клавиш <Ctrl>+<Enter> для копирования формулы в диапазоне G6:G15.

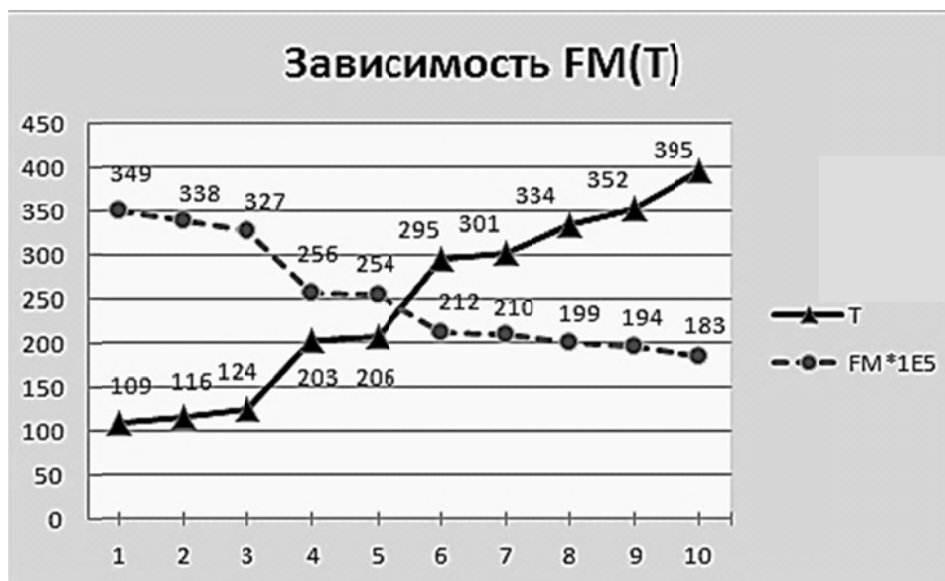


Рис. 45. График отображения соотношения максимума функции распределения молекул газов  $FM$  и температуры газа  $T$

Масштабированные значения  $FM$  будут возвращены в ячейки диапазона, как показано на рис. 46.

И13		fx					
	A	B	C	D	E	F	G
4							
5					T		FM*1E5
6	1	308	395	0,0018	109	0,0035	349
7	2	332	124	0,0033	116	0,0034	338
8	3	336	301	0,0021	124	0,0033	327
9	4	197	334	0,0020	203	0,0026	256
10	5	101	352	0,0019	206	0,0025	254
11	6	357	109	0,0035	295	0,0021	212
12	7	360	295	0,0021	301	0,0021	210
13	8	387	203	0,0026	334	0,0020	199
14	9	201	206	0,0025	352	0,0019	194
15	10	266	116	0,0034	395	0,0018	183
16	400						
17	100						
18	0,032	8,3144	0,03642				

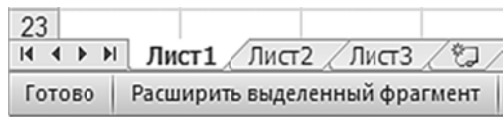
Рис. 46. Электронная таблица, отображающая данные, на основе которых создана диаграмма

2. Выбрать данные, на основе которых будет создана диаграмма, включая метки столбцов (для идентификации рядов данных). Выделить

диапазоны ячеек E5:E15 и G5:G15. Для выделения несмежных диапазонов выполнить следующие действия.

2.1. Выделить диапазон ячеек E5:E15 одним из следующих способов.

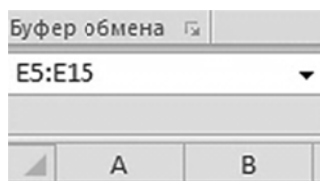
2.1.1. Выделить ячейку E5 и нажать клавишу <F8>, чтобы включить «режим выделения диапазона». В строке



состояния появится надпись «*Расширить выделенный фрагмент*», которая будет

свидетельствовать о включении этого режима. Щелкнуть мышью противоположную по диагонали ячейку диапазона E15. Нажать клавишу <Esc> или еще раз клавишу <F8>, чтобы отменить «режим выделения диапазона».

2.1.2. Выделить ячейку E5, нажать и, удерживая клавишу <Shift>, установить курсор на противоположную



по столбцу ячейку диапазона E15 и щелкнуть мышью.

При выделении большого диапазона можно прокрутить таблицу.

2.1.3. Ввести адрес диапазона E5:E15 в поле *Имя* строки формул и нажать клавишу <Enter>.

2.2. Выделить другой (несмежный) диапазон. Нажать клавишу <Ctrl> и, удерживая ее, выделить ячейку G5 в левом верхнем углу второго диапазона. Далее, отпустив клавишу <Ctrl>, выделить второй диапазон, применив один из способов (п. 2.1).

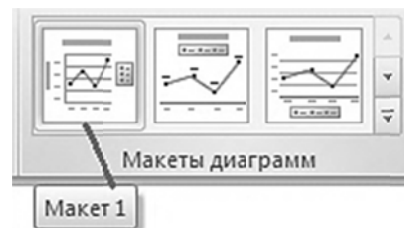
3. Выбрать *Тип* и подтип диаграммы *График*. Выбрать вкладку *Вставка* Ленты и щелкнуть мышью на кнопке *График*, определяющей тип диаграммы, в группе *Диаграммы*. MS Excel отобразит коллекцию подтипов диаграммы *График*. Выбрать подтип «*График с маркерами*» из коллекции (над значком подтипа диаграммы появится всплывающая подсказка).

4. После выбора подтипа автоматически создается диаграмма, а также

отображается контекстная вкладка *Конструктор* инструментов для редактирования и форматирования созданной диаграммы на основе встроенных шаблонов.

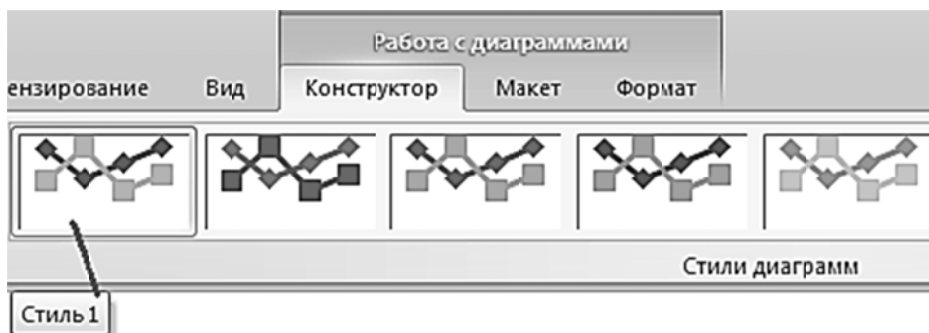
4.1. Расположение элементов на созданной диаграмме не соответствует образцу (рис. 45).

В коллекции *Макеты диаграмм* выбрать *Макет 1*. Коллекцию макетов можно прокрутить, используя стрелочки.

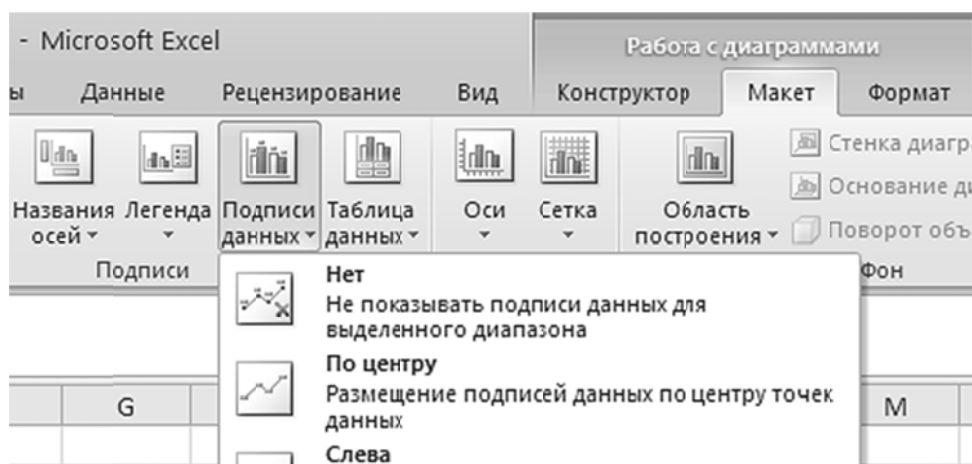


*Макет 1* включает название диаграммы: щелкнуть мышью в поле заголовка и ввести название «Зависимость FM(T)».

4.2. Выбрать стиль диаграммы *Стиль 1* в коллекции *Стили диаграмм*, как показано на рис.



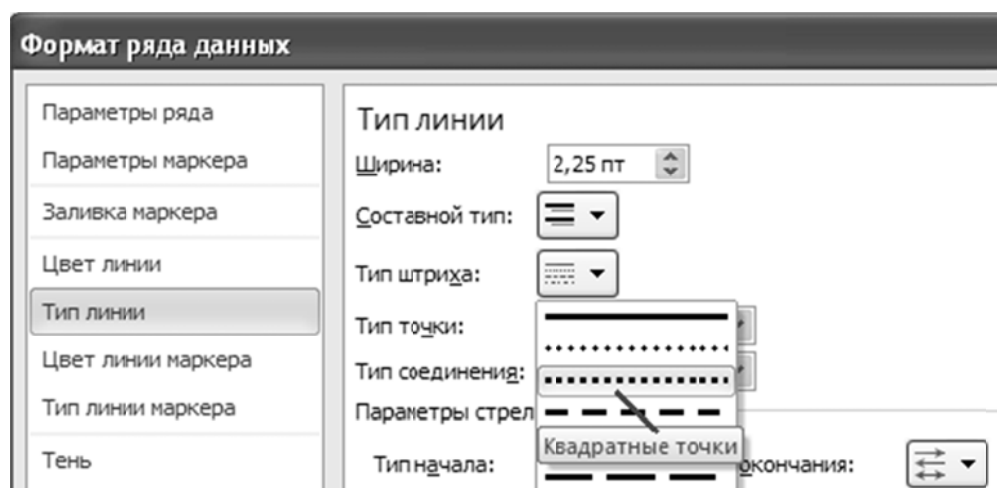
5. Добавить подписи (значение) данных в ряды на диаграмме, выполнив следующие действия.



5.1. Выделить Область диаграммы и выбрать вкладку *Макет* (*Работа с диаграммами*) Ленты. Щелкнуть на кнопке *Подписи данных*, как показано на рисунке. На диаграмме появятся подписи данных (метки данных) (см. рис. 45).

5.2. MS Excel разместит *метки данных* «по умолчанию». Выбрать *метку данных* и вручную перетащить ее мышью в нужное место (см. рис. 45).

6. Форматирование элементов диаграммы в диалоговом окне *Формат*, вид которого зависит от выбранного элемента диаграммы. Чтобы перейти в диалоговое окно *Формат*, щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе и в контекстном меню выбрать пункт *Формат «элемента диаграммы»*, например «Ряд данных», «Область диаграммы», «Ось» и др. Набор параметров форматирования в диалоговом окне *Формат* изменяется в зависимости от выбранного элемента диаграммы (см. рис.).



6.1. Изменить *Тип линии* ряда данных «FM\*1E4» «со сплошной линии» (по умолчанию) на «квадратные точки», как показано на рис. 45. Щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе «Ряд данных» и в контекстном меню выбрать пункт *Формат ряда данных*. Выбрать опцию *Тип линии* в левой части диалогового окна. Выбрать параметры в правой части диалогового окна: *Тип штриха* – «квадратные точки».

6.2. Изменить *цвет заливки* области диаграммы с «белого» на «оливковый», как показано на рис. 45. Щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе «Область диаграммы» и в контекстном меню выбрать пункт *Формат области диаграммы*. Выбрать опцию *Заливка* в левой части диалогового

окна. Выбрать параметры в правой части диалогового окна: *Сплошная заливка*, *Цвет «оливковый»*, как показано на рис.



- 6.3. Щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе «Горизонтальная ось» и в контекстном меню выбрать пункт *Формат оси*. Выбрать опцию *Параметры оси* в левой части диалогового окна. Выбрать параметры в правой части – *Промежуточные*, «пересекают ось».

*Реорганизации электронных таблиц в документ в MS Excel.*

Операции *реорганизации информации* в созданных электронных таблицах: «Перестановка ряда значений  $FM (FM_1, FM_2, FM_3)$  на основе ранжирования ряда значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в убывающую последовательность» (см. пример 5.1, рис. 37); «Упорядочения рядов значений температуры  $T (T_1, T_2, \dots, T_{10})$  газа кислорода  $O_2$ , в возрастающую последовательность, а максимума функции распределения молекул газа  $FM (FM_1, FM_2, \dots, FM_9, FM_{10})$  с молярной массой  $M(O_2)$  – в убывающую (см. пример 5.2, рис. 46) в выходной документ MS Excel (в соответствии с формой, прил. 5), приведены в табл. 31.

## Реорганизация электронных таблиц (рис. 37 и 46) в документ на выходе

№ п/п	Операция	Действия пользователя (см. п. 5.3.3 «Редактирование электронных таблиц»)
1	2	3
1	Вставить новые строки 1-13, 18-20,24-26	На стр. 1 вставить строки (см. п. 1, табл. 8)
2	Ввести текст в новые строки 1-7,9-13,20, 24-26	См. п. 2, табл. 8. Ввести в ячейки: A1 – «Пример 5. Ранжирование дискретного ряда числовых значений»; A2 – «Пример 5.1. Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую»; A3 – «(убывающую) последовательность»; A4 – «Пусть дан ряд значений $M (M_1, M_2, M_3)$ молярных масс газов азота ( $N_2$ )»; A5 – «водорода ( $H_2$ ) и кислорода ( $O_2$ ). Вычислить ряд значений максимума функции»; A6 – «распределения $FM (FM_1, FM_2, FM_3)$ молекул газов с при постоянной »; A7 – «температуре $T=300$ К по формуле»; A9 – «Создать графическое отображение»; A10 – «зависимости максимума функции распределения молекул газов»; A11 – «от молярной массы $FM(M)$ в виде диаграммы типа <i>График</i> ; A12 – «упорядочив ряд значений $M$ в виде убывающей последовательности.»; B13 – « $M$ , кг/моль»; F13 – « $FM(M)$ »; A20 – «Вычисление значений логических выражений»; A24–A26 – «Диаграмма типа <i>График</i> , отображающая»; «зависимость максимума функции распределения молекул газов»; «от молярной массы $FM(M)$ »



1	2	3
3	Вставить формулу в строку 10	$FM = \sqrt{\frac{M}{T}}$ Вставка формул (см. п. 15, табл. 8)
4	Вставить новые ячейки A14:A16, C14:C16, E14:E16	Вставить новые ячейки «со сдвигом вправо» (см. п. 4, табл. 8)
5	Ввести текст в новые ячейки A14:C16, E14:E16	Ввести в ячейки: B14:B16 – « $M(N_2), M(H_2), M(O_2)$ »; C14:CB16 – « $M_1=, M_2=, M_3=$ »; E14:E16 – « $FM_1=, FM_2=, FM_3=$ »
6	Вставить ячейку в A17	Вставить новую ячейку «со сдвигом вправо» и ввести текст «Т, К=»
7	Ввести текст в новые ячейки E17:E20	Ввести текст в ячейки: E17 – «Перестановка значений»; E18 – « $FM(FM_1, FM_2, FM_3)$ на основе»; E19 – «ранжирования ряда $M(M_1, M_2, M_3)$ »; E20 – «в убывающую последовательность»
8	Вставить новые ячейки A21:A23, C21:C23, E21:E23	Вставить новые ячейки «со сдвигом вправо». Ввести текст в ячейки: A21:A23 – « $M_1 > M_2, M_1 > M_3, M_2 > M_3$ »; C21:C23 – «НЕ( $M_1 > M_2$ ), НЕ( $M_1 > M_2$ ), НЕ( $M_2 > M_3$ )»; E21:E23 – « $FM_{\text{макс}}=, FM_{\text{ср}}=, FM_{\text{мин}}=$ »
9	Добавить границы для таблицы данных (диапазон B14:F23)	Добавление границ диапазона, см. табл. 13, п. 15 (пример 2). Убрать с экрана Сетку (см. п. 3.3.8)

1	2	3
10	Выполнить форматирование строк 1-26	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. табл. 8, п. 18
11	Разместить диаграмму в область диапазона A27:G41	Выделить область диаграммы, щелкнув мышью, и перетащить мышью в область диапазона A27:G41
12	Вставить новые строки 46-61, 73 (стр. 2)	См. п. 1, табл. 8
13	Ввести текст в новые строки 46-57,73	Ввести текст в ячейки: A46-A51 – «Пример 5.2. Ранжирование ряда из $n$ ( $n>3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность. Пусть даны ряды значений температуры газа $T(T_1, T_2, \dots, T_n)$ кислорода $O_2$ и максимума функции распределения молекул газа $FM (FM_1, FM_2, \dots, FM_n)$ с молярной массой $M(O_2)$ для ряда значений температуры, вычисленные по формуле». Ввести текст в ячейки: A53:A57 – «Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газов и температуры газа $FM(T)$ при постоянной массе $M$ в виде диаграммы, типа <i>График</i> , упорядочив ряд значений $T$ в виде возрастающей последовательности, а ряд значений $FM$ – убывающей»

1	2	3
14	Ввести текст в новые строки 59-61,73	Ввести текст в ячейки: A59-A61 – «Номер элемента ряда», B59-B61 – «Генерация случайных чисел»; C59–C61 – «Фиксация значений температуры»; D59-D61 – «Ряд значений $FM(T)$ »; объединить ячейки E59:F59 и ввести текст – «Упорядоченные»; E60-E61 – «по возрастанию»; F60-F61 – «по убыванию»; G59-G61 – «Масштабированные значения»; A73 – «Интервал температуры T, K»
15	Добавить границы для таблицы данных (диапазон A59:G72)	Границы для таблицы данных добавляются отдельно для диапазона A59:G62, а затем для диапазона F63:G72. Добавление границ диапазона, см. п. 15, табл. 13, пример 2. Убрать с экрана <i>Сетку</i> (см. п. 3.3.8)
16	Выполнить форматирование текста в строках 46-57,73	Изменить внешний вид содержимого ячеек. См. п. 18, табл. 8
17	Переместить ячейки: A75 в B74; A76 в B75	Перемещение ячеек (см. п.10, табл. 8). Выровнять данные «по центру». В ячейку A75 ввести текст $M(O_2)=$
18	Разместить диаграмму в область диапазона A76:G90	Выделить область диаграммы, щелкнув мышью, и перетащить мышью в область диапазона A76:G90.

## ГЛАВА 5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 5.1. Вычисления по формулам

Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.1 (прил. 1).

1. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_B$  молекул газа с молярной массой  $M$  ( $M_1, M_2$ ) по формуле (3) и максимальное значение функции распределения  $FM(V_B)$  по формуле (7) в системе единиц СИ.

$$M_1=2 \text{ г/моль}; M_2=28 \text{ г/моль}; T=25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль} \cdot \text{K)}.$$

2. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_B$  молекул газа с молярной массой  $M$  и температурой  $T$  по формулам (3) и (7) в системе единиц СИ.

$$M=32 \text{ г/моль}, T_1=0 \text{ }^\circ\text{C}; T_2=400 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

3. Вычислить температуру  $T_1$ , при которой значения максимума функции распределения  $FM(T_1)$  молекул газа отличаются по модулю от значения  $FM(T_0)$  на величину  $\Delta FM$ , по формулам (3) и (7) в системе единиц СИ.

$$M(\text{N}_2)=0,028 \text{ кг/моль}; R=8314,41 \text{ г} \cdot \text{м}^3 \text{ (моль} \cdot \text{K} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

$$T_0=0^\circ\text{C}; \Delta FM=0,0025 \text{ м/с}.$$

4. Вычислить температуру  $T$ , при которой значения средней квадратичной скорости  $V_{\text{кв}}$  молекул газа азота больше средней скорости  $V_c$  на  $\Delta V=(\Delta V_1, \Delta V_2)$ , и (5) в системе единиц СИ.

$$M(\text{N}_2)=28 \text{ г/моль}; R=8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}.$$

$$\Delta V_1=50 \text{ м/с}; \Delta V_2=30 \text{ м/с}.$$

5. Вычислить температуру  $T$   $^\circ\text{C}$  воздуха, при которой средние скорости  $V_c$  молекул газа азота ( $\text{N}_2$ ) и кислорода ( $\text{O}_2$ ) отличаются на  $\Delta V=(\Delta V_1, \Delta V_2)$  (модуль разности скоростей  $(V_{c(\text{N}_2)} - V_{c(\text{O}_2)})$  равен  $\Delta V$ ) по формуле (4) в системе единиц СИ.

$$M(\text{N}_2)=28 \text{ г/моль}; M(\text{O}_2)=32 \text{ г/моль};$$

$$R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ атм}/(\text{моль} \cdot \text{К});$$

$$\Delta V_1=5 \cdot 10^2 \text{ см/с}; \Delta V_2=10 \text{ м/с}.$$

6. Вычислить характерные точки  $V_{\text{в}}, V_{\text{с}}, V_{\text{кв}}$  графика функции распределения молекул газа с молярной массой  $M$  ( $M_1, M_2$ ) при температуре  $T$  по формулам (4) и (6) в системе единиц СИ.

$$M_1=32 \text{ г/моль}; M_2=2 \text{ г/моль}; T=300 \text{ К};$$

$$R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

7. Вычислить характерные точки  $V_{\text{в}}, V_{\text{с}}, V_{\text{кв}}$  графика функции распределения молекул газа с молярной массой  $M$ , при температуре  $T$  ( $T_1, T_2$ ) по формулам (4) и (6) в системе единиц СИ.

$$M_1=28 \text{ г/моль}; T_1=200 \text{ }^\circ\text{C}; T_2=500 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$R=8314,41 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

8. Вычислить доли молекул в одном моле газа при постоянной температуре  $T$  и изменении скорости на величину  $(V_1-V_0)$  по формулам (1), (2) в системе единиц СИ.

$$M(\text{N}_2)=28 \text{ г/моль}; R=8314,4 \text{ м}^2/(\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2);$$

$$T=300^\circ\text{К}; N=N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1};$$

$$V_0=2 \cdot 10^4 \text{ см/с}; V_1=400 \text{ м/с}.$$

9. Вычислить доли молекул в одном моле газа при постоянной скорости  $V$ , при изменении температуры на величину  $(T_1-T_0)$  по формулам (1), (2) в системе единиц СИ. Количество молекул в одном моле газа определяется числом Авогадро  $N_A$ .

$$M(\text{N}_2)=32 \text{ г/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ атм}/(\text{моль} \cdot \text{К});$$

$$V=20 \cdot 10^2 \text{ см/с}; T_1=300 \text{ К}; T_2=500 \text{ К};$$

$$N=N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

10. Вычислить доли молекул в одном моле двух газов с молярной массой  $M$  ( $M_1, M_2$ ) при постоянных скорости  $V$  и температуре  $T$  по формулам (1), (2) в системе единиц СИ.

$$M(\text{N}_2)=0,028 \text{ кг/моль}; M(\text{H}_2)=2 \text{ г/моль};$$

$$R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ атм}/(\text{моль} \cdot \text{К});$$

$$V=100 \text{ м/с}; T=150 \text{ }^\circ\text{C}; N=N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

## 5.2. Многовариантные вычисления по формулам

Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.2 (прил. 2).

1. Создать и заполнить ряд вычисленных значений характерных точек  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_{kb}$  графика функции распределения  $F(V)$  для молекул газа азота  $N_2$  по формулам (3), (6) при изменении температуры  $T$  от  $T_0$  до  $T_k$ , с шагом  $\Delta T$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных характерных точек  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_{kb}$  графика функции распределения  $F(V)$  при изменении температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(N_2)=28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; R=8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)};$$

$$T_0=0^\circ\text{C}; T_k=200^\circ\text{C}; \Delta T=10; V=20 \text{ м/с}.$$

2. Создать и заполнить ряд вычисленных значений характерных точек  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_{kb}$  графика функции распределения  $F(V)$  для молекул газа водорода  $H_2$  по формулам (4),(6) при изменении температуры  $T$  от  $T_0$  до  $T_k$ , с шагом  $\Delta T$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных характерных точек  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_{kb}$  графика функции распределения  $F(V)$  при изменении температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(H_2)=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; R=8314,4 \text{ м}^2/(\text{моль} \cdot \text{K} \cdot \text{с}^2);$$

$$T_0=350^\circ\text{K}; T_k=450 \text{ K}; \Delta T=10; V=50 \text{ м/с}.$$

3. Создать и заполнить ряд вычисленных значений функции распределения  $F(V)$  для молекул газа азота  $O_2$  по формуле (2) при изменении температуры  $T$  от  $T_0$  до  $T_k$ , с шагом  $\Delta T$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных значений функции распределения  $F(V)$  при изменении температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(O_2)=32 \text{ г/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3\text{атм}/(\text{моль} \cdot \text{K});$$

$$T_0=300 \text{ K}; T_k=400 \text{ K}; \Delta T=10; V=200 \text{ м/с}.$$

4. Создать и заполнить ряд вычисленных значений зависимости наиболее вероятной скорости  $V_b$  от температуры  $T$  для молекул газа азота  $N_2$  и кислорода  $O_2$  по формуле (3), при изменении температуры воздуха  $T$  в интервале от  $T_0$  до  $T_k$ , с шагом  $\Delta T$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных зависимости наиболее вероятной скорости  $V_b$  от температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(N_2)=28 \cdot \text{г/моль}; M(O_2)=32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль};$$

$$R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$T_0=250 \text{ К}; T_k=350 \text{ К}; \Delta T=10.$$

5. Создать и заполнить ряд вычисленных значений зависимости средней скорости  $V_C$  от температуры  $T$  для молекул газа кислорода  $O_2$  и водорода  $H_2$  по формуле (4), при изменении температуры воздуха  $T$  в интервале от  $T_0$  до  $T_k$ , с шагом  $\Delta T$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных зависимости средней скорости  $V_C$  от температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(N_2)=28 \cdot \text{г/моль}; M(H_2)=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль};$$

$$R=8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$T_0=500 \text{ К}; T_k=1000 \text{ К}; \Delta T=50.$$

6. Создать и заполнить ряд вычисленных значений функции распределения  $F(V)$  для молекул газа кислорода  $O_2$  по формуле (2) при изменении скорости  $V$  от  $V_0$  до  $V_k$ , с шагом  $\Delta V$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных значений функции распределения  $F(V)$  при изменении скорости  $V$  в виде диаграммы.

$$M(O_2)=0,032 \text{ кг/моль}; R=8314,41 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1};$$

$$V_0=100 \text{ м/с}; V_k=400 \text{ м/с}; \Delta V=30; T=300 \text{ К}.$$

7. Создать и заполнить ряд вычисленных значений функции распределения  $F(V)$  для молекул газа азота  $N_2$  в окрестности значения наиболее вероятной скорости  $V_B$  в интервале  $(V_B - \Delta V; V_B + \Delta V)$  по формулам (3) и (2), при изменении скорости  $V$ , с шагом  $0,1\Delta V$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных значений функции распределения  $F(V)$  в окрестности значения наиболее вероятной скорости  $V_B$  в виде диаграммы.

$$M(N_2)=0,028 \text{ кг/моль}; R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$\Delta V=100 \text{ м/с}; T=300 \text{ К}.$$

8. Создать и заполнить ряд вычисленных значений функции распределения  $F(V)$  для молекул газа водорода  $H_2$  в окрестности значения

наиболее вероятной скорости  $V_c$  в интервале  $(V_c - \Delta V; V_c + \Delta V)$  по формулам (4) и (2) при изменении скорости  $V$ , с шагом  $0,1\Delta V$ , в системе единиц СИ. Создать графическое представление таблицы данных значений функции распределения  $F(V)$  в окрестности значения наиболее вероятной скорости  $V_c$  в виде диаграммы.

$$M(H_2)=2 \text{ г/моль}; R=8314,41 \text{ г}\cdot\text{м}^3 (\text{моль}\cdot\text{К}\cdot\text{с}^2)^{-1};$$

$$\Delta V=150 \text{ м/с}; T=100 \text{ К}.$$

9. Вычислить массив разностей долей молекул в одном моле газа кислорода  $O_2$  при постоянной температуре  $T$  и при изменении скорости молекул на величину  $(V_1 - V_0)$  с шагом  $\Delta V$  по формулам (1) и (2), в системе СИ. Количество молекул в одном моле газа определяется числом Авогадро  $N_A$ . Создать графическое представление таблицы данных разностей долей молекул в одном моле газа кислорода  $O_2$  при изменении скорости молекул в виде диаграммы.

$$M(O_2)=3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л}\cdot\text{атм}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1};$$

$$V_0=200 \text{ м/с}; V_k=400 \text{ м/с}; \Delta V=20; T=400 \text{ К};$$

$$N=N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

10. Вычислить массив разностей долей молекул в одном моле газа азота  $N_2$  при постоянной скорости молекул газа  $V$  и на величину  $(T_1 - T_0)$ , с шагом  $\Delta T$ , по формулам (1) и (2) в системе СИ. Создать графическое представление таблицы данных разностей долей молекул в одном моле газа азота  $N_2$  при изменении температуры  $T$  в виде диаграммы.

$$M(N_2)=28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л}\cdot\text{атм}\cdot(\text{моль}\cdot\text{К})^{-1};$$

$$T_0=100 \text{ }^\circ\text{C}; T_k=400 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta T=30; V=500 \text{ м/с}.$$



### 5.3. Вычисление площади криволинейной трапеции

Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.3 (прил. 3).

1. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа водорода  $H_2$  с молярной массой  $M$ , со скоростями в интервале от  $V_H$  до  $V_H \pm \Delta V$ , при постоянной температуре  $T$ , по формулам (2), (11) и (16), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x=V_H-\Delta V$  и  $x=V_H+\Delta V$ .

$$M(H_2)=2 \text{ г/моль}; R=8314,41 \text{ г}\cdot\text{м}^3 \text{ (моль}\cdot\text{К}\cdot\text{с}^2)^{-1};$$

$$T=100^\circ\text{K}; \Delta V=150 \text{ м/с}; V_H=900 \text{ м/с}.$$

2. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа кислорода  $O_2$  с молярной массой  $M$ , со скоростями в интервале от  $V_H$  до  $V_H \pm \Delta V$ , при постоянной температуре  $T$ , по формулам (2), (11) и (17), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x=V_H-\Delta V$  и  $x=V_H+\Delta V$ .

$$M(O_2)=0,032 \text{ кг/моль}; R=8,3144\cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль}\cdot\text{К)};$$

$$T=125^\circ\text{C}; \Delta V=10\cdot 10^3 \text{ см/с}; V_H=4,5\cdot 10^5 \text{ см/с}.$$

3. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа азота  $N_2$  с молярной массой  $M$ , со скоростями в интервале от  $V_H$  до  $V_H \pm \Delta V$ , при постоянной температуре  $T$ , по формулам (2), (11) и (18), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x=V_H-\Delta V$  и  $x=V_H+\Delta V$ .

$$M(N_2)=28\cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; R=8314\cdot 10^{-3} \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)};$$

$$T=400^\circ\text{K}; \Delta V=100 \text{ м/с}; V_H=4,9\cdot 10^5 \text{ см/с}.$$

4. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа кислорода  $O_2$  с молярной массой  $M$ , скорости которых при температуре  $T$  превышают некоторое значение  $V_0$ , по формулам (2), (10) и (16), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=V_0$ .

$$M(O_2)=3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; R=831441 \cdot 10^{-5} \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$T=-175 \text{ }^\circ\text{C}; V_0=2,5 \cdot 10^5 \text{ см/с}.$$

5. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа азота  $N_2$  с молярной массой  $M$ , скорости которых при температуре  $T$  превышают некоторое значение  $V_0$ , по формулам (2), (10) и (17), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=V_0$ .

$$M(N_2)=2,8 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л} \cdot \text{атм} \cdot (\text{моль} \cdot \text{К})^{-1};$$

$$T=400^\circ\text{K}; V_0=55 \cdot 10^4 \text{ см/с}.$$

6. Вычислить относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа водорода  $H_2$  с молярной массой  $M$ , скорости которых при температуре  $T$  превышают некоторое значение  $V_0$ , по формулам (2), (10) и (18), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(V)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=V_0$ .

$$M(H_2)=0,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$T=1,2 \cdot 10^2 \text{ }^\circ\text{K}; V_0=1,1 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

7. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_0$  молекул газа кислорода  $O_2$  при температуре  $T$  по формуле (3) и относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа с молярной массой  $M(O_2)$ , скорости которых превышают значение  $V_B$  в  $k$  раз, по формулам (14), (15) и (16), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(U)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(U)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=k$ .

$$M(O_2)=32 \text{ г/моль}; T=135 \text{ }^\circ\text{C}; k=1,5; R=8314,41 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

8. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_0$  молекул газа азота  $N_2$  при температуре  $T$  по формуле (3) и относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа с молярной массой  $M(N_2)$ , скорости которых превышают значение  $V_B$  в  $k$  раз, по формулам (14), (15) и (17), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(U)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(U)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=k$ .

$$M(N_2)=2,8013 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; T=-150 \text{ }^\circ\text{C}; k=1,5;$$

$$R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л атм (моль К)}^{-1}.$$

9. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_0$  молекул газа водорода  $H_2$  при температуре  $T$  по формуле (3) и относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа с молярной массой  $M(H_2)$ , скорости которых превышают значение  $V_B$  в  $k$  раз, по формулам (14), (15) и (17), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(U)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(U)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=k$ .

$$M(H_2)=2,016 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; T=120^\circ\text{K}; k=0,5;$$

$$R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

10. Вычислить наиболее вероятную скорость  $V_0$  молекул воздуха при температуре  $T$  по формуле (3) и относительное количество  $\Delta N/N$  (в процентах) молекул газа с молярной массой  $M(\text{Воздух})$ , скорости которых превышают значение  $V_B$  в  $k$  раз, по формулам (14), (15) и (17), в системе СИ. Создать графическое представление данных таблицы подынтегральной функции  $F(U)$  в виде диаграммы криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(U)$ , осью  $Ox$  и перпендикуляром в точке  $x=k$ .

$$M(\text{Воздух})=2,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}; T=130^\circ\text{K}; k=1,25;$$

$$R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л атм (моль} \cdot \text{К)}^{-1}.$$

#### 5.4. Поиск максимума функции по таблице ее значений

Пусть дана таблица данных функции распределения  $F_i=F(V_i)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) молекул газа с молярной массой  $M$  при температуре  $T$  в окрестности ее максимума  $FM$ , которые определены в результате экспериментальных исследований. Определить значение  $FM$  одним из способов: табличным с применением встроенных функций МАКС (диапазон значений) или НАИБОЛЬШИЙ (диапазон значений; ранг 1); графическим; аналитическим.

Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.4 (прил. 4).

##### 5.4.1. Поиск максимума функции «табличным способом»

1. По значению  $FM$  определить температуре  $T$ , при которой проводился эксперимент, преобразовав выражение (7). Оценить абсолютную  $\Delta(T)$  и относительную  $\delta(T)$  погрешности вычисленного значения  $T$  (фактическое значение температуры газа  $T=400$  К).

$n=10$ ; функция МАКС;  $M(N_2)=0,28013 \cdot 10^2$  г/моль;

$R=8,31441 \cdot 10^3$  г·м<sup>3</sup> (моль·К·с<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Табличные значения ( $V_i, F_i$ ):

$i$	$V$	$F$
1	370	0,0015
2	400	0,0016
3	430	0,00165
4	460	0,0017
5	490	0,00175
6	520	0,00168
7	550	0,00165
8	580	0,00159
9	610	0,0015
10	640	0,0014

2. По значению  $FM$  определить молярную массу газа  $M$ , с которой проводился эксперимент, преобразовав выражение (7). Оценить

абсолютную  $\Delta(M)$  и относительную  $\delta(M)$  погрешности вычисленного значения  $M$  (фактическое значение молярной массы газа  $M=0,032$ ).

$n=9$ ; функция НАИБОЛЬШИЙ;  $T=100^\circ\text{K}$ ;

$R=8,2056 \cdot 10^{-2} \text{ л} \cdot \text{атм} \cdot (\text{моль} \cdot \text{K})^{-1}$ .

Табличные значения  $(V_i, F_i)$ :

$i$	$V$	$F$
1	130	0,0023
2	160	0,003
3	190	0,0034
4	220	0,0036
5	250	0,0035
6	280	0,0033
7	310	0,0029
8	340	0,0024
9	370	0,0019

3. По значению  $FM$  определить наиболее вероятную скорость  $V_B$ , преобразовав выражение (7) с учетом (3). Оценить абсолютную  $\Delta(V_B)$  и относительную  $\delta(V_B)$  погрешности вычисленного значения  $V_B$  (при фактических значениях температуры газа  $T=120^\circ\text{K}$  и  $M(\text{H}_2)=0,002 \text{ кг/моль}$ ).

$n=9$ ; функция МАКС;  $R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{K} \cdot \text{с}^2)^{-1}$ .

Табличные значения  $(V_i, F_i)$ :

$i$	$V$	$F$
1	790	0,00755
2	820	0,00775
3	850	0,0079
4	880	0,00805
5	910	0,00815
6	940	0,00825
7	970	0,0083
8	1000	0,00831
9	1030	0,00829

4. По значению  $FM$  выбрать  $V_i=V_v$  в таблице данных  $F_i=F(V_i)$ , при котором  $F_i=FM$ . Определить значение температуры газа  $T$ , при которой проводился эксперимент, преобразовав формулу (3). Оценить абсолютную  $\Delta(T)$  и относительную  $\delta(T)$  погрешности вычисленного значения  $T$  (фактическое значение температуры газа  $T=120^\circ\text{K}$ ).

$n=9$ ; функция НАИБОЛЬШИЙ;

$M(\text{N}_2)=0,028$  кг/моль;  $R=8,3144 \cdot 10^7$  Эрг/(моль·К).

Табличные значения  $(V_i, F_i)$ :

$i$	$V$	$F$
1	160	0,0021
2	190	0,0026
3	220	0,0029
4	250	0,00305
5	280	0,0031
6	310	0,003
7	340	0,0027
8	370	0,0024
9	400	0,002

5. По значению  $FM$  выбрать  $V_i=V_v$  в таблице данных  $F_i=F(V_i)$ , при котором  $F_i=FM$ . Определить значение молярной массы  $M$  газа, с которым проводился эксперимент, преобразовав формулу (3). Оценить абсолютную  $\Delta(M)$  и относительную  $\delta(M)$  погрешности вычисленного значения  $M$  (фактическое значение молярной массы  $M$  газа  $\text{O}_2=32$  г/моль).

$n=9$ ; функция НАИБОЛЬШИЙ;

$T=127^\circ\text{C}$ ;  $R=8,3144 \cdot 10^7$  Эрг/(моль·К).

Табличные значения ( $V_i, F_i$ ):

$i$	$V$	$F$
1	340	0,00158
2	370	0,0017
3	400	0,00175
4	430	0,0018
5	460	0,00182
6	490	0,0018
7	520	0,00175
8	550	0,00168
9	580	0,00159

6. По значению  $FM$  определить наиболее вероятную скорость  $V_B$  по формуле (7) и значение средней скорости  $V_C$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(V_C)$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(V_C)$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $V_C$  (при фактических значениях температуры газа  $T=100^\circ\text{K}$  и  $M(\text{H}_2)=0,002$  кг/моль).

$n=12$ ; функция МАКС;  $R=8,314$  Дж/(моль·К).

Табличные значения ( $V_i, F_i$ )

$i$	$V$	$F$
1	730	0,000836
2	760	0,000858
3	790	0,000878
4	820	0,000892
5	850	0,000902
6	880	0,000908
7	910	0,000911
8	940	0,000909
9	970	0,000903
10	1000	0,000894
11	1030	0,000882
12	1060	0,000866

7. По значению  $FM$  определить наиболее вероятную скорость  $V_B$  по формуле (7) и значение средней квадратичной скорости  $V_{KB}$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(V_{KB})$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(V_{KB})$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $V_{KB}$  (при фактических значениях температуры газа  $T=300^\circ\text{K}$  и  $M(\text{N}_2)=0,28013 \cdot 10^2$  г/моль).

$n=9$ ; функция НАИБОЛЬШИЙ;  $R=8,31441 \cdot 10^3$  г·м<sup>3</sup> (моль·К·с<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Табличные значения ( $V_i, F_i$ ):

$i$	$V$	$F$
1	310	0,00168
2	340	0,00181
3	370	0,0019
4	400	0,00195
5	430	0,001965
6	460	0,001935
7	490	0,00187
8	520	0,00178
9	550	0,00166

8. По значению  $FM$  выбрать  $V_i=V_B$  в таблице данных  $F_i=F(V_i)$ , при котором  $F_i=FM$ . Определить значение средней скорости  $V_C$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(V_C)$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(V_C)$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $V_C$  (при фактических значениях температуры газа  $T=50^\circ\text{K}$  и  $M(\text{H}_2)=0,002 \cdot 10^3$  г/моль).

$n=12$ ; функция МАКС;  $R=8,3144 \cdot 10^7$  Эрг/(моль·К).

Табличные значения ( $V_i, F_i$ )

$i$	$V$	$F$
1	490	0,00114
2	520	0,00119
3	550	0,00123
4	580	0,00126



Окончание табл.

5	610	0,00128
6	640	0,00129
7	670	0,00128
8	700	0,00127
9	730	0,00125
10	760	0,00121
11	790	0,00117
12	820	0,00112

9. По значению  $FM$  выбрать  $V_i=V_v$  в таблице данных  $F_i=F(V_i)$ , при котором  $F_i=FM$ . Определить значение средней скорости  $V_{kv}$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_v)$ ,  $\Delta(V_{kv})$  и относительные  $\delta(V_v)$ ,  $\delta(V_{kv})$  погрешности вычисленных значений  $V_v$  и  $V_{kv}$  (при фактических значениях температуры газа  $T=300^\circ\text{K}$  и  $M(\text{O}_2)=0,32 \cdot 10^3$  г/моль.

$n=11$ ; функция НАИБОЛЬШЕЙ;

$R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{атм} \cdot (\text{моль} \cdot \text{K})^{-1}$ .

Табличные значения  $(V_i, F_i)$ :

$i$	$V$	$F$
1	250	0,00153
2	280	0,00174
3	310	0,0019
4	340	0,002
5	370	0,00208
6	400	0,0021
7	430	0,00207
8	460	0,002
9	490	0,0019
10	520	0,00175
11	550	0,0016

10. По значению  $FM$  определить наиболее вероятную скорость  $V_B$  по формуле (7) и значение молярной массы газа  $M$  по формуле (3). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(M)$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(M)$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $M$  (при фактических значениях температуры газа  $T=200^\circ\text{K}$  и  $M(\text{N}_2)=28,013 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).

$n=12$ ; функция МАКС;  $R=8,2056 \cdot 10^{-2} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Табличные значения  $(V_i, F_i)$ :

$i$	$V$	$F$
1	190	0,00147
2	220	0,00177
3	250	0,002049
4	280	0,00223
5	310	0,00234
6	340	0,00241
7	370	0,00238
8	400	0,0023
9	430	0,00215
10	460	0,00196
11	490	0,00175
12	520	0,00153

#### 5.4.2. Поиск максимума функции «графическим способом»

Создать графическое представление таблицы данных  $(V_i, F_i)$  в виде внедренной точечной диаграммы и визуально определить координаты точки максимума  $FM$  («графическим способом»).

1. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.1 (1).
2. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.1 (2).
3. По значению  $V_B$  определить температуру газа  $T$ , при которой проводился эксперимент, преобразовав формулу (3). Оценить

абсолютную  $\Delta(T)$  и относительную  $\delta(T)$  погрешности вычисленного значения  $T$  (фактическое значение температуры газа  $T=120\text{ K}$ ). Данные для вычислений в п.5.4.1 (4).

4. По значению  $V_B$  определить молярную массу  $M$  газа, с которым проводился эксперимент, преобразовав формулу (3). Оценить абсолютную  $\Delta(M)$  и относительную  $\delta(M)$  погрешности вычисленного значения  $M$  (фактическое значение молярной массы  $M$  газа  $M(\text{O}_2)=32\text{ г/моль}$ ). Данные для вычислений в п.5.4.1 (5).

5. По значению  $V_B$  определить среднюю скорость  $V_C$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(V_C)$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(V_C)$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $V_C$  (при фактических значениях температуры газа  $T=50\text{ K}$  и  $M(\text{H}_2)=0,002\cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Данные для вычислений в п.5.4.1 (8).

6. По значению  $V_B$  определить значение средней скорости  $V_{KB}$  по формуле (6). Оценить абсолютные  $\Delta(V_B)$ ,  $\Delta(V_{KB})$  и относительные  $\delta(V_B)$ ,  $\delta(V_{KB})$  погрешности вычисленных значений  $V_B$  и  $V_{KB}$  (при фактических значениях температуры газа  $T=300^\circ\text{K}$  и  $M(\text{O}_2)=0,32\cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Данные для вычислений в п.5.4.1 (7).

7. Определить значение  $FM$  по формуле (7) (при фактических значениях температуры газа  $T=300^\circ\text{K}$  и  $M(\text{O}_2)=0,32\cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Оценить абсолютную  $\Delta(FM)$  и относительную  $\delta(FM)$  погрешности визуального определения значения  $FM$ . Данные для вычислений в п.5.4.1 (9).

8. Определить значение  $V_B$  по формуле (3) (при фактических значениях температуры газа  $T=200^\circ\text{K}$  и  $M(\text{N}_2)=0,28\cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Оценить абсолютную  $\Delta(V_B)$  и относительную  $\delta(V_B)$  погрешности визуального определения значения  $V_B$ . Данные для вычислений в п.5.4.1 (10).

9. По значению  $V_B$  определить  $FM$  по формуле (7), подставив визуальное определенное значение наиболее вероятной скорости  $V_B$ . Оценить абсолютную  $\Delta(FM)$  и относительную  $\delta(FM)$  погрешности визуального определения значения  $FM$  по сравнению с расчетным значением по формуле (7). Данные для вычислений в п.5.4.1 (3).

10. По значению  $FM$  определить наиболее вероятную скорость  $V_b$  по формуле (7), подставив визуально определенное значение  $FM$ . Оценить абсолютную  $\Delta(V_b)$  и относительную  $\delta(V_b)$  погрешности визуально определенного значения  $V_b$  по сравнению с расчетным значением по формуле (7). Данные для вычислений п.5.4.1 (6).

#### **5.4.3. Поиск максимума функции на основе аппроксимации рядов данных на диаграмме средствами MS Excel «аналитическим способом»**

Создать графическое представление числовых данных ряда значений в виде точечной диаграммы. Создать линию тренда, аппроксимирующую данные ряда  $(V_i, F_i)$ , средствами MS Excel. По уравнению аппроксимации определить значения наиболее вероятной скорости  $V_b$  и максимум функции распределения  $FM$ .

1. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.1 (1).

2. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.1 (2).

3. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.2 (3).

4. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.2 (4).

5. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.2 (5).

6. Условие задания и данные для вычислений в п.5.4.2 (6).

7. Определить значение  $FM$  по формуле (7) (при фактических значениях температуры газа  $T=300\text{ K}$  и  $M(\text{O}_2)= 0,32 \cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Оценить абсолютную  $\Delta(FM)$  и относительную  $\delta(FM)$  погрешности значения  $FM$ , определенного на основе аппроксимации рядов данных. Данные для вычислений в п.5.4.1 (9).

8. Определить значение  $V_b$  по формуле (3) (при фактических значениях температуры газа  $T=200^\circ\text{K}$  и  $M(\text{N}_2)= 0,28 \cdot 10^3\text{ г/моль}$ ). Оценить абсолютную  $\Delta(V_b)$  и относительную  $\delta(V_b)$  погрешности значения  $V_b$ , определенного на основе аппроксимации рядов данных. Данные для вычислений в п.5.4.1 (10).

9. По значению  $V_b$  определить среднюю скорость  $V_c$  по формуле (6). Подставить значение  $V_c$  в формулу (2) ( $V=V_c$ ) и в уравнение аппроксимации ( $x=V_c$ ) и вычислить значения  $F(V_c)$ . Оценить абсолютную  $\Delta(V_c)$

и относительную  $\delta(V_c)$  погрешности вычисленных значений  $F(V_c)$  по формуле (2) и по уравнению аппроксимации. Данные для вычислений в п. 5.4.1 (3).

10. По значению  $V_B$  определить значение среднюю. скорость  $V_{KB}$  по формуле (6). Подставить значение  $V_{KB}$  в формулу (2) ( $V=V_{KB}$ ) и в уравнение аппроксимации ( $x=V_{KB}$ ) и вычислить значения  $F(V_{KB})$ . Оценить абсолютную  $\Delta(V_{KB})$  и относительную  $\delta(V_{KB})$  погрешности вычисленных значений  $F(V_{KB})$  по формуле (2) и по уравнению аппроксимации. Данные для вычислений в п.5.4.1 (6).

## 5.5. Ранжирование дискретного ряда числовых значений

### 5.5.1. Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность

Создать графическое отображение соотношения значений величин  $F(F_1, F_2, F_3)$  и  $X(X_1, X_2, X_3)$  в виде диаграммы типа *График*, упорядочив значения  $X$  в виде убывающей ( $X_{\max}, X_{\text{ср}}, X_{\min}$ ) или возрастающей ( $X_{\min}, X_{\text{ср}}, X_{\max}$ ) числовой последовательности. Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.5.1 приведен прил. 5 (стр.1)

1. Пусть задан ряд значений молярной массы молекул газа  $M(M_1, M_2, M_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $M_{\min}, M_{\text{ср}}, M_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $M(M_1, M_2, M_3)$  в убывающую числовую последовательность. Определить минимальный по значению элемент ряда  $M_{\min}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $M_{\max}$ ) и второй ( $M_{\text{ср}}$ ) элементы упорядоченного ряда  $M$  определить с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (диапазон значений; ранг  $k$ ). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений:

$$T=400^\circ\text{K}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Элемент ряда	$M_1$	$M_2$	$M_3$
$M, \text{ моль} \cdot \text{K}$	0,028	0,002	0,032

2. Пусть задан ряд значений молярной массы молекул газа  $M (M_1, M_2, M_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $M_{\min}, M_{\text{ср}}, M_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в убывающую числовую последовательность. Определить средний по значению элемент ряда  $M_{\text{ср}}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $M_{\max}$ ) и третий ( $M_{\min}$ ) элементы упорядоченного ряда  $M$  определить с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (диапазон значений; ранг  $k$ ). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.1).

$$T=300 \text{ К}; R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ атм}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

3. Пусть задан ряд значений молярной массы молекул газа  $M (M_1, M_2, M_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $M_{\min}, M_{\text{ср}}, M_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в убывающую числовую последовательность. Определить максимальный по значению элемент ряда  $M_{\max}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а второй ( $M_{\text{ср}}$ ) и третий ( $M_{\min}$ ) элементы упорядоченного ряда  $M$  определить с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (диапазон значений; ранг  $k$ ). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.1).

$$T=200 \text{ К}; R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

4. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, T_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $T_{\min}, T_{\text{ср}}, T_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, T_3)$  в возрастающую числовую последовательность. Определить минимальный по значению (первый) элемент ряда  $T_{\min}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а второй ( $T_{\text{ср}}$ ) и третий ( $T_{\max}$ ) элементы упорядоченного ряда  $T$  определить с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (диапазон значений; ранг  $k$ ). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл.

$$M(N_2)=28 \text{ г/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Элемент ряда	$T_1$	$T_2$	$T_3$
$T, \text{ К}$	200	400	300

5. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T$  ( $T_1, T_2, T_3$ ), которые представляют в хаотическом порядке  $T_{\min}, T_{\text{ср}}, T_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $T$  ( $T_1, T_2, T_3$ ) в возрастающую числовую последовательность. Определить второй элемент ряда  $T_{\text{ср}}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $T_{\min}$ ) и третий ( $T_{\max}$ ) элементы упорядоченного ряда  $T$  определить с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.4).

$$M(\text{O}_2)=32 \text{ г/моль}; R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ Г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

6. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T$  ( $T_1, T_2, T_3$ ), которые представляют в хаотическом порядке  $T_{\min}, T_{\text{ср}}, T_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $T$  ( $T_1, T_2, T_3$ ) в возрастающую числовую последовательность. Определить максимальный по значению (третий) элемент ряда  $T_{\max}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $T_{\min}$ ) и второй ( $T_{\text{ср}}$ ) элементы упорядоченного ряда  $T$  определить с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.4).

$$M(\text{H}_2)=32 \text{ г/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ атм}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

7. Пусть задан ряд значений молярной массы молекул газа  $M$  ( $M_1, M_2, M_3$ ), которые представляют в хаотическом порядке  $M_{\min}, M_{\text{ср}}, M_{\max}$ . Преобразовать ряд значений  $M$  ( $M_1, M_2, M_3$ ) в возрастающую числовую последовательность. Определить минимальный по значению элемент ряда  $M_{\min}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а второй ( $M_{\text{ср}}$ ) и третий ( $M_{\max}$ ) элементы упорядоченного ряда  $M$  определить с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.1).

$$T=200 \text{ К}; R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ Г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

8. Пусть задан ряд значений молярной массы молекул газа  $M$  ( $M_1, M_2, M_3$ ), которые представляют в хаотическом порядке  $M_{\min}, M_{\text{ср}}, M_{\max}$ .

Преобразовать ряд значений  $M (M_1, M_2, M_3)$  в возрастающую числовую последовательность. Определить средний по значению элемент ряда  $M_{\text{ср}}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $M_{\text{макс}}$ ) и третий ( $M_{\text{мин}}$ ) элементы упорядоченного ряда  $M$  определить с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п.1).

$$T=400 \text{ К}; R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/}(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

9. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, T_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $T_{\text{мин}}, T_{\text{ср}}, T_{\text{макс}}$ . Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, T_3)$  в убывающую числовую последовательность. Определить минимальный по значению (первый) элемент ряда  $T_{\text{мин}}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а второй ( $T_{\text{ср}}$ ) и третий ( $T_{\text{мин}}$ ) элементы упорядоченного ряда  $T$  определить с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п. 4).

$$T=300 \text{ К}; R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

10. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, T_3)$ , которые представляют в хаотическом порядке  $T_{\text{мин}}, T_{\text{ср}}, T_{\text{макс}}$ . Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, T_3)$  в убывающую числовую последовательность. Определить средний по значению (второй) элемент ряда  $T_{\text{ср}}$  с помощью логической функции ЕСЛИ, а первый ( $T_{\text{макс}}$ ) и третий ( $T_{\text{мин}}$ ) элементы упорядоченного ряда  $T (T_1, T_2, T_3)$  определить с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*). Вычислить значение  $FM$  по формуле (7).

Данные для вычислений в табл. (см. п. 4).

$$T=200 \text{ К}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$



### **5.5.2. Ранжирование ряда из $n$ ( $n>3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность**

Создать графическое отображение соотношения значений величин  $F(F_1, F_2, \dots, F_n)$  и  $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$  в виде диаграммы типа *График*, упорядочив значения  $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$  в виде убывающей или возрастающей числовой последовательности. Пример оформления отчета по заданиям раздела 5.5.2 приведен прил. 5 (стр. 2).

1. Пусть ряд значений температуры газа  $T(T_1, T_2, \dots, T_{12})$  задан равномерными целыми случайными числами в интервале (100;340), К с применением функции СЛУЧМЕЖДУ. Преобразовать ряд значений  $T(T_1, T_2, \dots, T_{12})$  в возрастающую числовую последовательность с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг  $k$* ), с использованием в качестве аргумента  $k$  массива значений по формуле (57). Вычислить ряд значений  $FM(FM_1, FM_2, \dots, FM_{12})$  по формуле (7).

$$M(N_2)=0,028 \cdot 10^3 \text{ г/моль}; R=8,31441 \cdot 10^3 \text{ г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

2. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T(T_1, T_2, \dots, T_{12})$  равномерными целыми случайными числами в интервале (200;420), К с применением функции СЛУЧМЕЖДУ. Преобразовать ряд значений  $T(T_1, T_2, \dots, T_{12})$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг  $k$* ), с использованием в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки по формуле (56). Вычислить ряд значений  $FM(FM_1, FM_2, \dots, FM_{12})$  по формуле (7).

$$M(O_2)=32 \text{ г/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-2} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

3. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T(T_1, T_2, \dots, T_{10})$  равномерными целыми случайными числами в интервале (50;150), К с применением функции СЛЧИС. Преобразовать ряд значений  $T(T_1, T_2, \dots, T_{10})$  в возрастающую числовую последовательность с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг  $k$* ) с использованием в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки по формуле (56). Вычислить ряд

значений  $FM (FM_1, FM_2, \dots, FM_{10})$  по формуле (7).

$$M(H_2)=0,002 \text{ кг/моль}; R=8,3144 \cdot 10^7 \text{ Эрг/(моль} \cdot \text{K)}.$$

4. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_9)$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(200;470)$ , К с применением функции СЛЧИС. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_9)$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  массива значений по формуле (57). Вычислить ряд значений  $FM (FM_1, FM_2, \dots, FM_9)$  по формуле (7).

$$M(N_2)=0,0028 \cdot 10^1 \text{ кг/моль}; R=8,2056 \cdot 10^{-5} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

5. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_{12})$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(200;380)$ , К с применением функции СЛЧИС. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_{12})$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки по формуле (56). Вычислить ряд значений  $F(V_c) (F_1(V_c), F_2(V_c), \dots, F_{12}(V_c))$  по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_c$ , подставив выражение (4).

$$M(O_2)=0,0032 \cdot 10^1 \text{ кг/моль}; R=8314,41 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}.$$

6. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_{11})$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(150;370)$ , К с применением функции СЛЧИС. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_{11})$  в возрастающую числовую последовательность с помощью функции НАИМЕНЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  массива значений по формуле (57). Вычислить ряд значений  $F(V_c) (F_1(V_c), F_2(V_c), \dots, F_{11}(V_c))$  по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_c$ , подставив выражение (4).

$$M(N_2)=0,28134 \cdot 10^{-1} \text{ кг/моль}; R=831441 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \cdot (\text{моль} \cdot \text{K})^{-1}.$$

7. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_{10})$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(75; 225)$ , К с применением функции СЛУЧМЕЖДУ. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_{10})$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  массива значений по формуле (57). Вычислить ряд значений  $F(V_c) (F_1(V_c), F_2(V_c), \dots, F_{10}(V_c))$  по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_c$ , подставив выражение (4).

$$M(H_2)=0,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль; } R=82056 \cdot 10^{-6} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

8. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_9)$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(250; 430)$ , К с применением функции СЛУЧМЕЖДУ. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_9)$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки по формуле (56). Вычислить ряд значений  $F(V_c) (F_1(V_c), F_2(V_c), \dots, F_9 (V_c))$  по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_{\text{кв}}$ , подставив выражение (5).

$$M(O_2)=3,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль; } R=8314,41 \cdot \text{г} \cdot \text{м}^3 (\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2)^{-1}.$$

9. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_{12})$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(50; 170)$ , К с применением функции СЛУЧМЕЖДУ. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_{12})$  в возрастающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг k*) с использованием в качестве аргумента  $k$  адресной ссылки по формуле (56). Вычислить ряд значений  $FM (FM_1, FM_2, \dots, FM_{12})$  по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_{\text{кв}}$ , подставив выражение (5).

$$M(H_2)=0,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль; } R=82056 \cdot 10^{-6} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

10. Пусть задан ряд значений температуры газа  $T (T_1, T_2, \dots, T_{11})$  равномерными целыми случайными числами в интервале  $(230; 395)$ , К с применением функции СЛЧИС. Преобразовать ряд значений  $T (T_1, T_2, \dots, T_{11})$  в убывающую числовую последовательность с помощью функции НАИБОЛЬШИЙ (*диапазон значений; ранг  $k$* ) с использованием в качестве аргумента  $k$  массива значений по формуле (57). Вычислить ряд значений  $F(V_c) (F_1(V_c), F_2(V_c), \dots, F_{11}(V_c))$ , по формуле (2), которую можно преобразовать, произведя замену  $V$  на  $V_{\text{кв}}$ , подставив выражение (5).

$$M(\text{O}_2)=32 \cdot \text{г/моль}; R=82056 \cdot 10^{-9} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

### **Список литературы**

1. Савельев И. В. Курс общей физики.: В 3-х томах. Т. 1. Механика. Молекулярная физика: учебное пособие/ И. В. Савельев. 3-е изд., испр.– М.: Наука, 1987.– 432 с.: ил.
2. Кошелев В.Е. Excel 2007./ В. Е. Кошелев – М.: ООО «Бином-Пресс», 2008. –544 с.: ил.
3. Макаров Э. П. Электронные таблицы MS Excel 2007: практикум по дисциплине «Информационные технологии»/ Э. П. Макаров, Н. А. Лашманова, А. А. Виткин./под общей ред. Э. П. Макарова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – Ч. 1. – 195 с.: ил.
4. Исаков В.Б. Элементы численных методов: учебное пособие для студентов/ В. Б. Исаков. – М.: Академия. 2003. – 192 с.: ил.

## Вычисление по формулам

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Пример 1. (Линейный алгоритм)								
2	Вычислить по формулам наиболее вероятную скорость (3) и среднюю скорость (4)								
3	молекул газа с молекулярной массой М при температуре Т в системе единиц СИ .								
4	Ввод исходных данных								
5	R, Эрг/(моль·К)=		8,3144E-07						
6	T, °C=		25						
7	M (N <sub>2</sub> ), г/моль=		28						
8									
9	Коэффициенты преобразования физических величин в систему единиц СИ								
10	K <sub>R</sub> =		1,00E+07						
11	K <sub>T</sub> =		273,15						
12	K <sub>M</sub> =		0,001						
13									
14	Данные вычислений								
15	Преобразования физических величин из внесистемных единиц в систему СИ								
16	R =		8,3144						
17	T=		298,15						
18	M =		0,028						
19	Вычисление наиболее вероятной скорости								
20									
21	V <sub>B</sub> = √2RT/M		420,79333						
22									
23	Вычисление средней скорости								
24									
25	V <sub>C</sub> = 2V <sub>B</sub> /√π		474,81443						
26	Задание выполнил студент ФИО, группа, дата								

## Вычисление таблицы значений функции

**Пример 2. Вычисление таблицы значений функции (Циклический алгоритм)**

Вычислить таблицу значений функции распределения  $F(V)$  молекул газа с молекулярной массой  $M$  при температуре  $T$  для значений скорости  $V$  в интервале  $(V_H, V_K)$  с шагом  $h_V$  по формуле (20) в системе единиц СИ.

Создать графическое представление данных таблицы в виде диаграммы

$$F(V) = 4V^2 Z \sqrt{\frac{Z}{\pi}} \exp(-ZV^2). \quad (20) \quad Z = \frac{M}{2RT}.$$

**Ввод исходных данных**

$R$ , Дж/(моль·К) = 8,3144

$T$ , К = 298,15

$M(N_2)$ , кг/моль = 0,028

**Скорость молекул газа  $V$ , м/с**

$V_H = 0$

$h_V = 100$

$V_K = 900$

**Размер диапазона значений  $N$** 

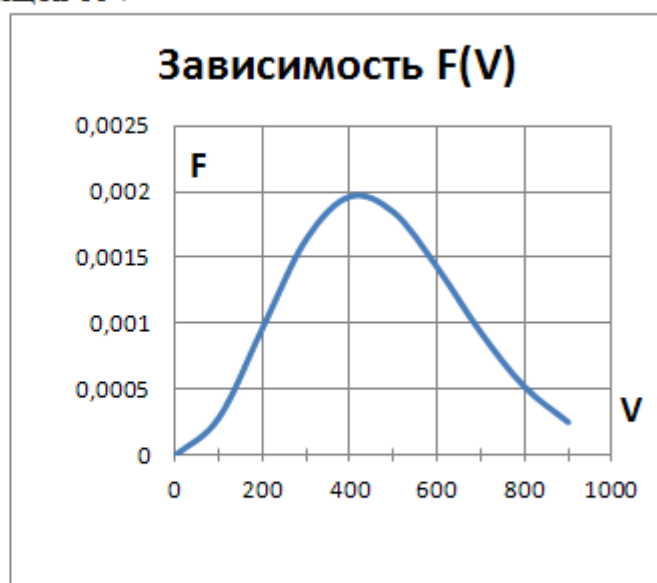
$N = 10$

**Вычисление величины  $Z$ , не зависящей от  $V$** 

$Z = 5,648E-06$

**Таблица значений функции  $F(V)$** 

№ п/п	$V$	$F(V)$
1	0	0
2	100	0,0002863
3	200	9,666E-04
4	300	0,0016397
5	400	0,0019632
6	500	0,0018452
7	600	0,0014276
8	700	0,0009325
9	800	0,0005221
10	900	0,000253



Задание выполнил студент, ФИО, группа, дата

## Вычисление площади криволинейной трапеции

**Пример3. Вычисление площади криволинейной трапеции (Циклический алгоритм)**

Вычислить относительное количество молекул газа с молекулярной массой  $M$

при постоянной температуре  $T$ , скорости которых лежат в интервале от  $V_H$  до  $V_H + \Delta V$ .

Создать графическое представление данных таблицы в виде диаграммы.

**Математическое обоснование**

Относительное количество молекул газа  $\Delta N/N$ , скорости которых лежат в интервале конечной длины ( $V_H, V_H + \Delta V$ ), численно равно площади  $S$  криволинейной трапеции, образованной графиком функции  $F(V)$ , осью  $Ox$  и перпендикулярами в точках  $x = V_H$  и  $x = V_H + \Delta V$ , вычисляется по формулам

$$S = \frac{\Delta N}{N} = \int_{V_H}^{V_H + \Delta V} F(V) dV \quad F(V) = 4V^2 Z \sqrt{\frac{Z}{\pi}} \exp(-ZV^2) \quad Z = \frac{M}{2RT}$$

Формулы прямоугольников для приближенного вычисления интеграла

Формула "левых" прямоугольников  $ST_1 = \Delta v (F_0 + F_1 + \dots + F_{n-1}) = \Delta v \sum_{i=0}^{n-1} F_i$

Формула "правых" прямоугольников  $ST_2 = \Delta v (F_1 + F_2 + \dots + F_n) = \Delta v \sum_{i=1}^n F_i$

Среднее значение  $ST = (ST_1 + ST_2) / 2$

**Ввод исходных данных**

$R$ , Дж/(моль·К) = 8,3144

$T$ , К = 298,15

$M(N_2)$ , кг/моль = 0,028

$V_H$ , м/с = 300

$\Delta V = 200$

$N = 10$

$HV = 20$

$Z = 5,64758E-06$

**Таблица значений  $F(V)$  и накопления суммы**

№ п/п	$V$	$F(V)$	$S$
1	300	1,63975E-03	0,0016397
2	320	1,73949E-03	0,0033792
3	340	1,82265E-03	0,0052019
4	360	1,88804E-03	0,0070899
5	380	1,93497E-03	0,0090249
6	400	1,96320E-03	0,0109881
7	420	1,97296E-03	0,0129611
8	440	1,96489E-03	0,0149259
9	460	1,93999E-03	0,0168659
10	480	1,89957E-03	0,0187655
11	500	1,84519E-03	

**Вычисления СУММ диапазона значений  $F_i$** 

$ST_1 = 0,37531027$

$ST_2 = 0,37941907$

$ST = 0,37736467$

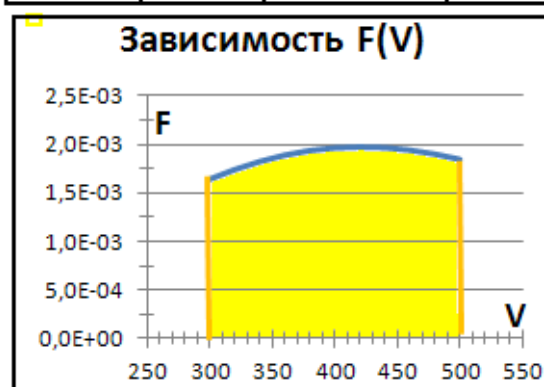
**Вычисления по формуле массива**

$ST_1 = 0,37531027$

$ST_2 = 0,37941907$

Задание выполнил студент

ФИО, группа, дата





# Определение координат максимума функции распределения

по таблице ее значений

## Пример 4. Определение координат максимума функции распределения по таблице ее значений

Пусть дана таблица с  $n$  числовыми значениями функции распределения  $F_i = F(V_i)$  молекул газа  $M$ , полученными в результате экспериментальных исследований.

Определить значение температуры  $T$ , при которой проводился эксперимент.

### Математическое обоснование

Максимум функции  $FM$  достигается при наиболее вероятной скорости  $FM = F(V_B)$ .

Наиболее вероятная скорость  $V_B$  связана с молекулярной массой газа  $M$

и температурой  $T$  зависимостью

$$V_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad T = \frac{V_B^2 M}{2R}$$

Преобразуем выражение

к виду, в котором неизвестная величина  $T$  выражается через  $R$  и  $M$

### Ввод исходных данных

$R$ , Дж/(моль·К) = 8,3144

$M(N_2)$ , кг/моль = 0,028

$T$ , К = 298,15

### Таблица значений $F(V)$ , поиск $FM$ и $V_B$

№п/п	$V$	$F(V)$	$FM$	$V_B$
			-1,00E+22	0
1	300	0,00164	0,00164	0
2	320	0,00174	0,001739	0
3	340	0,00182	0,001823	0
4	360	0,00189	0,001888	0
5	380	0,00193	0,001935	0
6	400	0,00196	0,001963	0
7	420	0,00197	0,001973	420
8	440	0,00196	0,001973	420
9	460	0,00194	0,001973	420
10	480	0,0019	0,001973	420
11	500	0,00185	0,001973	420

Встроенная статистическая функция МАКС(ряд чисел)

0,00197

### Способ определения максимума

Табличный

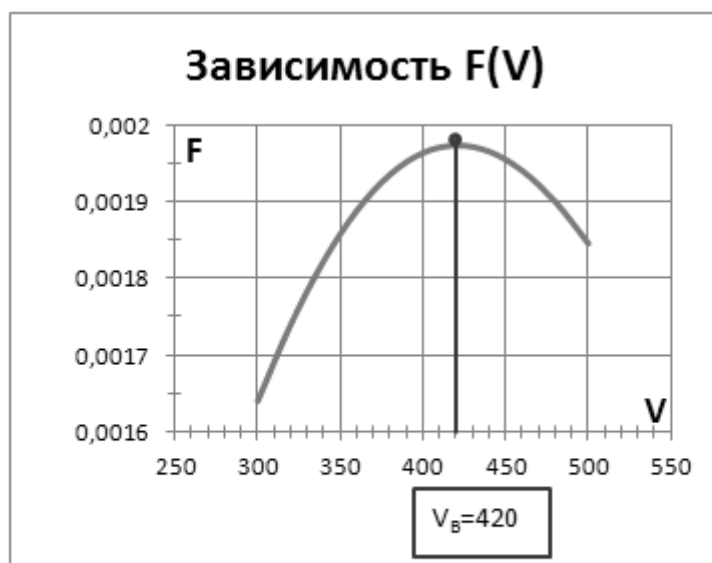
Графический

Аналитич. 4,46E-08 1,87659E-05

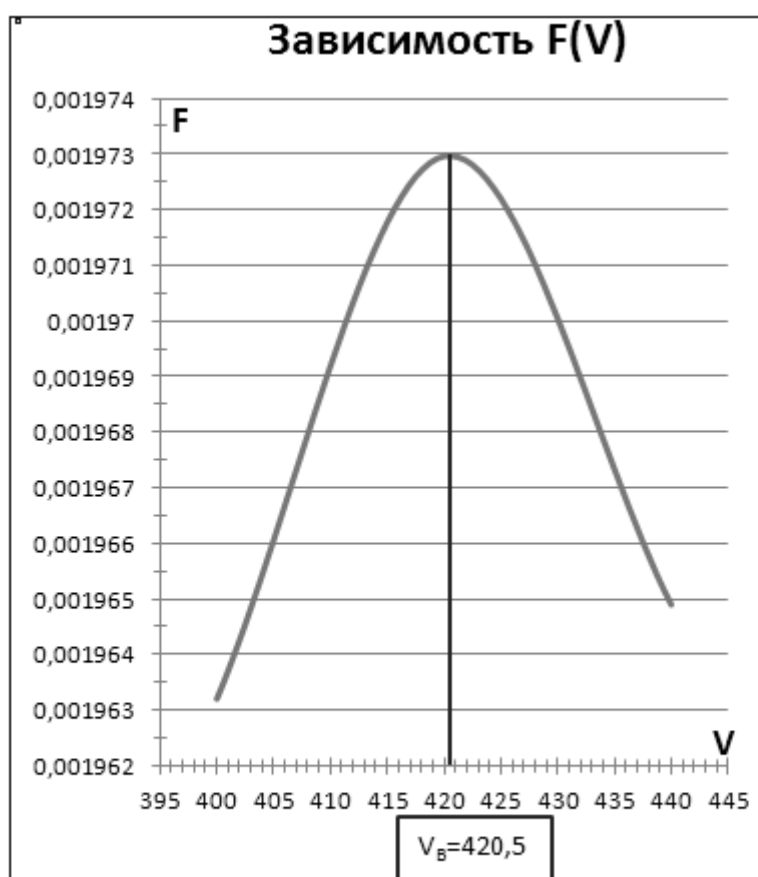
$V_B$	$T$	$\Delta(T)$	$\delta(T)$
420	297,027	1,123	0,377%
420,5	297,734	0,416	0,139%
420,76	298,103	0,047	0,016%

23,8

8,8



Графическое представление числовых данных таблицы значений  $(V_i, F_i)$  в виде точечной диаграммы



Визуальное определение координат точки  $(V_B, F_M)$  в окрестности максимума  $F(V)$

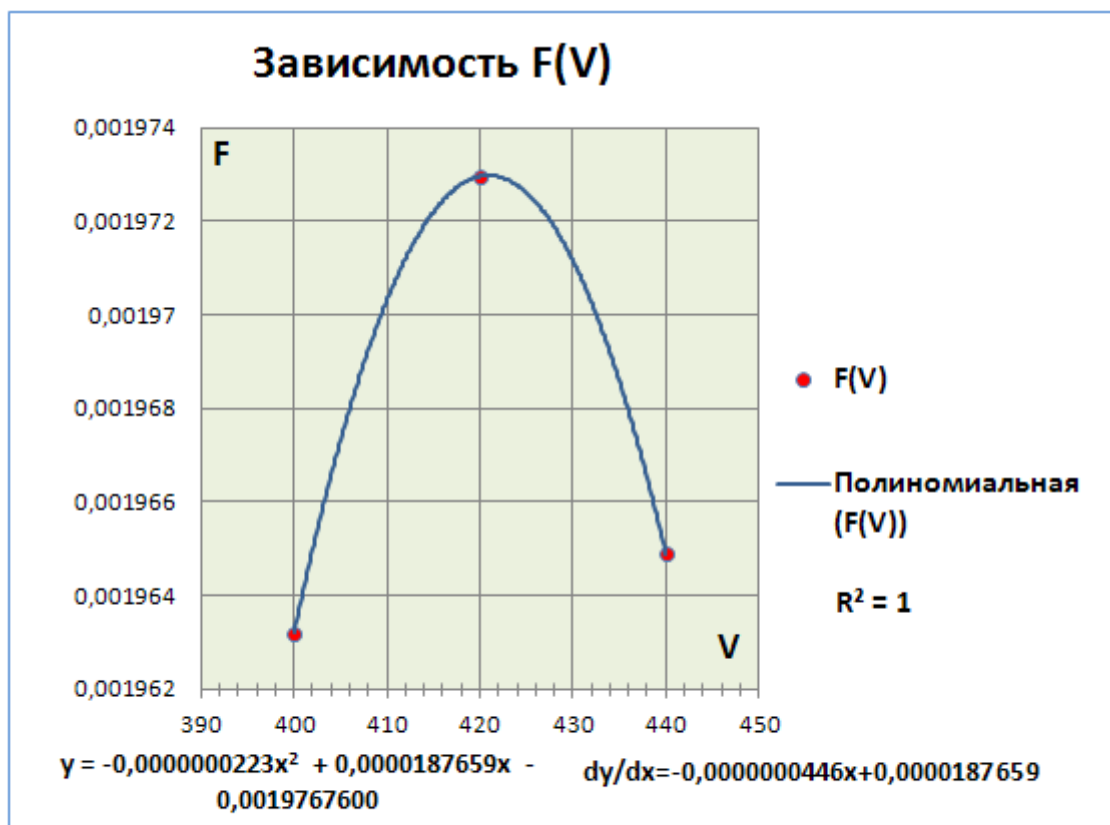


Диаграмма с отображением линии тренда и уравнения аппроксимации для ряда данных функции  $F(V)$  в окрестности точки ее максимума

Задание выполнил студент

ФИО, группа, дата

## Ранжирование дискретного ряда числовых значений

**Пример 5. Ранжирование дискретного ряда числовых значений****Пример 5. 1. Ранжирование ряда из трех числовых значений****в возрастающую (убывающую) последовательность**

Пусть дан ряд значений  $M(M_1, M_2, M_3)$  молярных масс газов азота ( $N_2$ ), водорода ( $H_2$ ) и кислорода ( $O_2$ ). Вычислить ряд значений максимума функции распределения  $FM(FM_1, FM_2, FM_3)$  молекул газов с при постоянной температуре  $T=300\text{ К}$  по формуле

$$FM = \frac{4}{e} \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}$$

Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газов от молярной массы  $FM(M)$  в виде диаграммы типа «График», упорядочив ряд значений  $M$  в виде убывающей последовательности.

$M$ кг/моль		$FM(M)$	
$M(N_2)$	$M_1=0,028$	$FM_1=$	0,001967
$M(H_2)$	$M_2=0,002$	$FM_2=$	0,000526
$M(O_2)$	$M_3=0,032$	$FM_3=$	0,002103

$T, K = 300$

**Перестановка значений**

$FM(FM_1, FM_2, FM_3)$  на основе

ранжирования ряда  $M(M_1, M_2, M_3)$

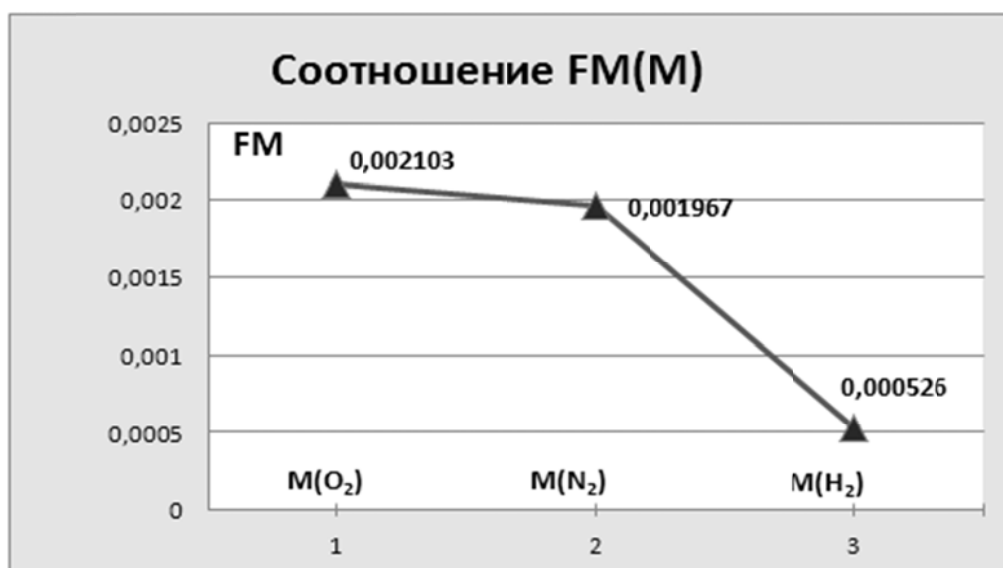
**Вычисление значений логических выражений в убывающую последовательность**

$M_1 > M_2$  ИСТИНА НЕ( $M_1 > M_2$ ) ЛОЖЬ  $FM_{\text{макс}} = 0,002103$

$M_1 > M_3$  ЛОЖЬ НЕ( $M_1 > M_3$ ) ИСТИНА  $FM_{\text{ср}} = 0,001967$

$M_2 > M_3$  ЛОЖЬ НЕ( $M_2 > M_3$ ) ИСТИНА  $FM_{\text{мин}} = 0,000526$

Диаграмма типа «График», отображающая соотношение максимума функции распределения молекул газов от молярной массы  $FM(M)$



**Пример 5. 2. Ранжирование ряда из  $n$  ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность**

Пусть даны ряды значений температуры газа кислорода  $O_2$   $T(T_1, T_2, \dots, T_N)$  и максимума функции распределения молекул газа  $FM(FM_1, FM_2, \dots, FM_N)$  с молярной массой  $M(O_2)$  для ряда значений температуры, вычисленные по формуле

$$FM = \frac{4}{e} \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}$$

Создать графическое отображение соотношения максимума функции распределения молекул газа от температуры газа  $FM(T)$  при постоянной массе  $M$  в виде диаграммы, типа «График», упорядочив ряд значений  $T$  в виде возрастающей последовательности, а ряд значений  $FM$  - убывающей.

Номер элемента ряда	Генерация случайных чисел	Фиксация значений температуры	Ряд значений $FM(T)$	Упорядочение		Масштабированные значения
				по возрастанию	по убыванию	
Индекс $i$	$T$	$T$	$FM$	$T$	$FM$	$FM \cdot 1E5$
1	308	395	0,0018	109	0,0035	350
2	332	124	0,0033	116	0,0034	340
3	336	301	0,0021	124	0,0033	330
4	197	334	0,0020	203	0,0026	260
5	101	352	0,0019	206	0,0025	250
6	357	109	0,0035	295	0,0021	210
7	360	295	0,0021	301	0,0021	210
8	387	203	0,0026	334	0,0020	200
9	201	206	0,0025	352	0,0019	190
10	266	116	0,0034	395	0,0018	180

Интервал температуры  $T, K$

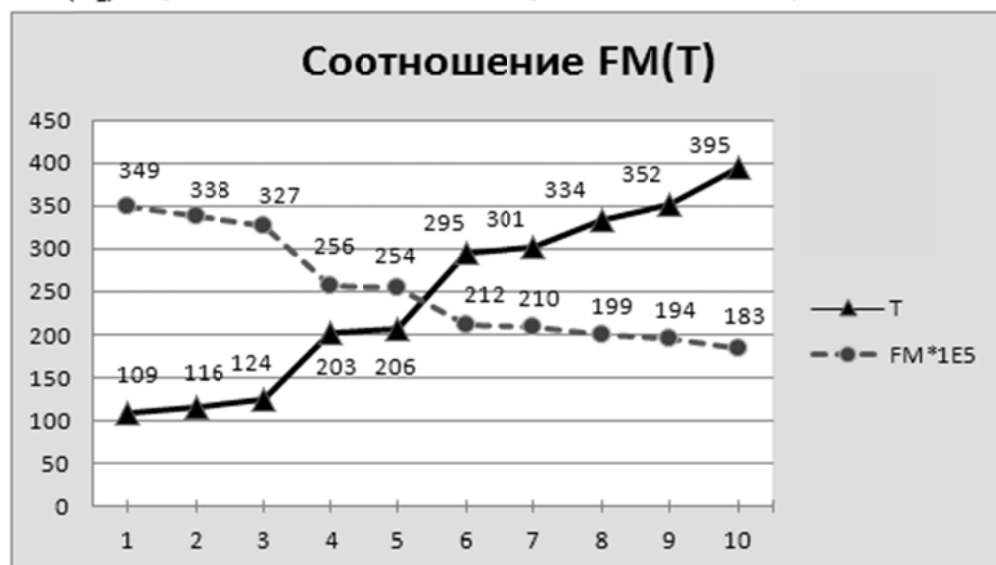
100      400

$M(O_2) = 0,032$

$R = 8,3144$

$Z = 0,03642$

$$Z = \frac{4}{e} \sqrt{\frac{M}{2\pi R}}$$



Выполнил студент ФИО, группа, дата

## Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Глава 1. Некоторые сведения из Кинетической теории газов .....	5
1.1. Кинетическая теория газов .....	5
1.2. Закон распределения молекул идеального газа по скоростям .....	5
1.2.1. Функция распределения вероятностей молекул газа по скоростям .	5
1.2.2. График и таблица значений функции распределения $F(V)$ .....	6
1.2.3. Характерные точки графика функции распределения $F(V)$ .....	7
1.3. Относительное количество молекул для различных интервалов скоростей .....	9
1.3.1. Относительное количество молекул для интервала скоростей, превышающих значение $V_0$ .....	9
1.3.2. Относительное количество молекул для интервала скоростей конечной длины .....	10
1.3.3. Относительное количество молекул для интервала скоростей, превышающих значение $V_B$ .....	11
1.4. Численное интегрирование .....	12
1.4.1. Метод прямоугольников вычисления определенного интеграла....	12
1.4.2. Формула прямоугольников .....	12
Глава 2. Основы алгоритмизации вычислений .....	13
2.1. Представление об алгоритме .....	13
2.1.1. Понятие алгоритма. Свойства алгоритма .....	13
2.1.2. Алгоритмизация решения задачи .....	14
2.2. Способы записи алгоритмов .....	15
2.2.1. Графический способ записи алгоритмов .....	15
2.2.2. Программный способ записи алгоритмов .....	17
Глава 3. Алгоритмизация вычислений в электронных таблицах .....	19
3.1. Электронные таблицы Microsoft Excel (версии 2007, 2010) .....	19
3.1.1. Графический интерфейс пользователя.....	19
3.1.2. Информационная структура ячейки Рабочего листа.....	20
3.2. Инструментальные средства записи алгоритмов вычислений .....	21
3.2.1. Понятие «формула с адресными ссылками» .....	21
3.2.2. Формулы массивов .....	22

3.3. Редактирование электронных таблиц .....	23
3.3.1. Вставка новых строк и столбцов .....	24
3.3.2. Перемещение ячеек и диапазонов в пределах одного листа .....	25
3.3.3. Копирование ячеек и диапазонов .....	25
3.3.4. Редактирование информации, введенной в ячейку .....	26
3.3.5. Форматирование данных в ячейке.....	27
Изменение внешнего вида содержимого ячейки .....	27
Форматирование числовых значений.....	27
3.3.6. Выравнивание содержимого ячейки .....	28
3.3.7. Изменение размера ячейки.....	28
3.3.8. Добавление границ.....	28
3.3.9. Графическое представление числовых данных .....	29
Создание диаграммы.....	29
Форматирование элементов диаграммы .....	30
Глава 4. Решение физических задач на основе Базовых алгоритмических конструкций .....	31
4.1. Линейные алгоритмы .....	31
4.1.1.Вычисление по формулам (пример 1).....	31
Постановка задачи «Вычисление по формулам».....	31
Алгоритм решения задачи «Вычисление по формулам» .....	32
Электронная таблица решения задачи «Вычисление по формулам» .....	33
Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel .....	34
4.2. Циклические алгоритмы .....	38
4.2.1. Понятия цикл, тело цикла, параметр цикла.....	38
4.2.2. Основные варианты базовой структуры «цикл».....	39
4.2.3. Вычисление таблицы значений функции (пример 2).....	41
Постановка задачи «Вычисление таблицы значений функции». Формулы для вычислений .....	41
Алгоритм решения задачи «Вычисление таблицы значений функции» ..	42
Электронная таблица решения задачи «Вычисление таблицы значений функции» .....	44
Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel .....	48
4.2.4. Вычисление площади криволинейной трапеции (пример 3).....	52
Постановка задачи «Вычисление площади криволинейной трапеции». Формулы для вычислений .....	52

Алгоритм вычисления площади криволинейной трапеции по формуле прямоугольников с «накоплением суммы» .....	54
Электронная таблица вычисления площади криволинейной трапеции по формуле прямоугольников с накоплением суммы .....	56
Алгоритм вычисления площади криволинейной трапеции с применением встроенной функции СУММ.....	58
Электронная таблица решения задачи с применением встроенной функции СУММ .....	60
Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel .....	63
4.3. Разветвляющиеся алгоритмы.....	63
4.3.1. Основные варианты базовой структуры «ветвление» .....	69
4.3.2. Логические выражения и функции в MS Excel.....	70
4.3.3. Поиск координат экстремума (максимума) функции распределения по таблице ее значений пример 4) .....	72
Алгоритм поиска максимума функции по таблице ее значений (табличный способ) .....	74
Электронная таблица поиска максимума функции по таблице ее значений .....	75
Алгоритм определения значения аргумента $V$ , при котором функция $F(V)$ принимает максимальное значение, по таблице ее значений.....	78
Алгоритм поиска координат максимума функции распределения по кривой графического представления данных (графический способ) .....	83
Алгоритм поиска максимума функции распределения на основе аппроксимации рядов данных на диаграмме .....	86
Реорганизации электронной таблицы в документ в MS Excel .....	97
4.3.4. Ранжирование дискретного ряда числовых значений (пример 5) ..	99
4.3.4.1. Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность (пример 5.1) .....	100
Постановка задачи «Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность» .....	100
Алгоритм ранжирования ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность.....	100
Определение максимального по значению элемента ряда $A, B, C$ .....	101
Определение минимального по значению элемента ряда $A, B, C$ .....	102
Определение среднего по значению элемента ряда $A, B, C$ .....	102
Электронная таблица преобразования (перестановки) ряда значений на основе ранжирования .....	103



4.3.4.2. Ранжирование ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность (пример 5.2) .....	110
Постановка задачи ранжирование ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность .....	110
Алгоритм ранжирования ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность .....	111
Электронная таблица ранжирования ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую последовательность .....	113
Реорганизации электронных таблиц в документ в MS Excel .....	123
Глава 5. Задания для лабораторно-практических занятий .....	128
5.1. Вычисления по формулам .....	128
5.2. Многовариантные вычисления по формулам .....	130
5.3. Вычисление площади криволинейной трапеции .....	133
5.4. Поиск максимума функции по таблице ее значений .....	136
5.4.1. Поиск максимума функции «табличным способом» .....	136
5.4.2. Поиск максимума функции «графическим способом» .....	142
5.4.3. Поиск максимума функции на основе аппроксимации рядов данных на диаграмме средствами MS Excel «аналитическим способом» .....	144
5.5. Ранжирование дискретного ряда числовых значений .....	145
5.5.1. Ранжирование ряда из трех числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность .....	145
5.5.2. Ранжирование ряда из $n$ ( $n > 3$ ) числовых значений в возрастающую (убывающую) последовательность .....	149
Список использованной литературы .....	153
Приложение 1. Вычисление по формулам .....	154
Приложение 2. Вычисление таблицы значений функции .....	155
Приложение 3. Вычисление площади криволинейной трапеции .....	156
Приложение 4. Определение координат максимума функции распределения по таблице ее значений .....	157
Приложение 5. Ранжирование дискретного ряда числовых значений ...	160

*Учебное издание*

**Макаров** Эдуард Петрович

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ

Редактор *О. С. Смирнова*

Компьютерная верстка *Э. П. Макарова*

Подписано в печать 19.07.2013. Формат 60×90 1/16.  
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 10,5.  
Уч.-изд. л. 8,2. Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_

Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
E-mail: rio@ustu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: 8 (343) 350-56-64, 350-90-13  
Факс: 8 (343) 358-93-06  
E-mail: press-urfu@mail.ru

*Для заметок*